# QUÍMICA PARA TODOS

Nídia Franca Roque

# Química Para Todos

Nídia Franca Roque

Diagramado por

Marco Antonio Bueno Filho

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Roque, Nídia Franca
Química para todos [livro eletrônico] / Nídia Franca Roque ; diagramado por Marco Antonio Bueno Filho. -- São Paulo : Ed. da Autora, 2026.
PDF

ISBN 978-65-02-28401-8

1. Divulgação científica 2. Química - Estudo e ensino I. Título.

26-384645.1 CDD-540.7

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Química : Estudo e ensino 540.7

Camila Aparecida Rodrigues - Bibliotecária CRB - SP-010133/O

Comecei a escrever alguns textos sobre Química, sem nenhuma pretensão, durante a pandemia. Mostrei-os ao professor Lafaiete Cardoso, da UFBA, que deu algumas sugestões e me incentivou a publicá-los como um livro. Ao Lafaiete quero agradecer profundamente. Sem o seu incentivo os textos teriam ficado apenas no meu computador. Ao professor Marco Antonio Bueno Filho, da UFABC, que fez toda a parte de editoração, quero expressar também minha profunda gratidão. Eu sou totalmente incapaz de realizar essa tarefa. Aos dois, o meu muito obrigada.

# Apresentação

## Química Para Todos

Nídia Franca Roque

Junho, 2023

O livro é estruturado em 10 capítulos e foi desenvolvido para que pessoas que nunca estudaram Química ou que tenham estudado há muito tempo, possam obter uma compreensão básica desta Ciência. Os conceitos e informações foram, sempre que possível, correlacionados a situações do dia a dia. Os capítulos apresentam uma visão sobre o que é a matéria e como podemos transformar recursos naturais em diversos materiais utilizados em nosso cotidiano.

# Sumário


Introdução ..... 9

Tudo tem Química: verdade ou mentira? ..... 9

A Química, o que é? ..... 11

O que é saber Química? ..... 13

1 A História do Átomo ..... 16

1.1 O início de uma ideia ..... 16

1.2 O átomo nos séculos XVII a XIX ..... 18

1.3 Estava preparado o terreno para a aceitação do átomo. ..... 21

1.4 Como é o átomo? ..... 22

2 A Origem dos Elementos Químicos ..... 25

2.1 Teoria sobre a criação da matéria ..... 25

2.2 Elementos Químicos ..... 28

2.3 Como estão distribuídos os elementos químicos na Terra? ..... 29

2.4 Como são nomeados e representados os elementos químicos? 30

2.5 Elementos químicos podem apresentar isótopos ..... 31

3 A Matéria ..... 33

3.1 Como 92 elementos químicos formam milhões de substâncias? 33

3.2 Lidando com quantidades ..... 38

3.3 Relacionando o sistema submicroscópico com o macrossistema 40

3.4 Por que a ideia de mol é importante? ..... 42

3.5 Contando a história da unidade de massa atômica ..... 43

4 Densidade uma propriedade interessante ..... 44

4.1 O que é a densidade? ..... 44

5 Estados Físicos da Matéria ..... 51

5.1 Por que não conseguimos ver o ar? ..... 51

5.2 Por que um balão sobe? ..... 53

5.3 Afinal, o gás de cozinha é um gás ou um líquido? ..... 55

5.4 Por que a água é líquida? ..... 55

5.5 Por que o gelo flutua sobre a água líquida? ..... 57

5.6 Substâncias sólidas podem ser moleculares, iônicas ou metálicas 58

6 Mais Propriedades da Matéria ..... 60

6.1 Que cheiro é este? ..... 60

6.2 Explicando os Pontos de Fusão e de Ebulição ..... 61

6.3 Por que penduramos no varal as roupas para secarem? ..... 64

6.4 Por que usamos o etanol anidro em mistura com a gasolina? ... 65

7 Átomos se Unem para Formar as Diversas Matérias ... 70

7.1 Um modo de explicar a ligação entre os átomos ..... 70

8 A Matéria das coisas Inanimadas ..... 76

8.1 Metais e minerais na natureza ..... 76

8.2 Obtendo metais . . . . . 79
8.3 O que é necessário para que uma reação ocorra? . . . . . 79
8.4 Como romper as ligações químicas? . . . . . 79
8.5 Obtenção do ferro metálico . . . . . 80
8.6 E de onde vêm o cimento, o tijolo, a cerâmica e o vidro? . . . . . 81
8.7 Por que o mar é salgado? . . . . . 83
8.8 De onde vieram essas substâncias? . . . . . 83

9 A Matéria dos Seres Vivos: Petróleo . . . . . 87
9.1 A vida . . . . . 87
9.2 A Química Orgânica . . . . . 88
9.3 O petróleo veio da vida . . . . . 89
9.4 Hidrocarbonetos . . . . . 92
9.5 Química orgânica sintética: os plásticos . . . . . 95

10 A matéria dos seres vivos: alimentos . . . . . 98
10.1 Substâncias Orgânicas . . . . . 98
10.2 Os alimentos . . . . . 101
10.3 Macronutrientes . . . . . 102
10.4 Micronutrientes . . . . . 102
10.5 Analisando um rótulo de alimento . . . . . 105
10.6 Como se mede a energia contida nos alimentos? . . . . . 107
10.7 O que são carboidratos? . . . . . 108
10.8 O que são proteínas? . . . . . 109
10.9 O que são gorduras? . . . . . 110

Posfácil . . . . . 115
A Química nos séculos XX e XXI . . . . . 115

# Introdução

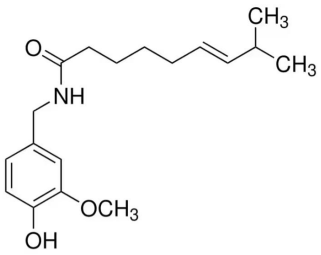
## Tudo tem Química: verdade ou mentira?

Estamos aqui para tentar convencer vocês de que a Química é uma disciplina que pode ser agradável e compreendida por todos. Para começar, fazemos a seguinte pergunta:

Por que as pessoas, em sua grande maioria, não gostam de Química?

No nosso entender, esse fato tem a ver com a linguagem. Cada Ciência, e de um modo geral cada grupo, dentro de uma sociedade, tem uma linguagem própria que não é totalmente compreendida pelas pessoas alheias ao grupo ou a Ciência.

Pexel / Karola G.




Essa é a fórmula estrutural da capsaicina, uma substância presente nas pimentas e responsável pela sensação de ardor ao tato e ao paladar. As fórmulas estruturais fazem parte da linguagem que os químicos usam para representar modelos propostos para as moléculas, uma vez que ainda não é possível observar estas partículas. Para representar ou entender essas fórmulas é necessário um conhecimento químico mais aprofundado.

Devido a essa falta de compreensão, os estudantes, ao não perceberem o significado das palavras e das fórmulas usadas no ensino da Química, acabam não entendendo o conteúdo e, com isso, não se envolvem no estudo. Sem envolvimento, não há aprendizado. Sem aprendizado, a disciplina se torna desagradável. Além disso, muitas palavras relacionadas à Química são empregadas incorretamente, o que dificulta ainda mais a compreensão. O exemplo mais notório desse problema é o próprio significado da palavra "química". A palavra **química** é usada hoje como sinônimo de coisa ruim: Um bom alimento é aquele que é natural, sem química. Os cosméticos sem química não fazem mal à pele ou ao cabelo.

Todo alimento é natural. Refiro-me a alimentos, e não a aditivos alimentares. Não conheço alimento que não seja proveniente de seres vivos, sejam plantas, algas ou animais. O que essas afirmações querem dizer? Elas querem dizer que os bons alimentos ou os bons cosméticos não contêm produtos sintetizados pelo homem. Ou seja, a química é um produto sintético, principalmente industrial, e nocivo ao ser humano. O que existe são alimentos **com agrotóxicos** e **sem agrotóxicos**, e não alimentos com química ou sem química. Os alimentos sem agrotóxicos são chamados, hoje, de orgânicos. E os medicamentos têm química?

Nem sempre a matéria sintética, não natural, fabricada em laboratórios ou indústrias, é nociva aos seres humanos. Medicamentos são, na grande maioria, sintéticos. Drogas podem ser naturais e nocivas ao ser humano. O medicamento AAS, o mais difundido no mundo, começou a ser obtido de uma planta a *Salix salicifolia*, no entanto, hoje, é totalmente sintetizado nas indústrias. Será que ele não tinha química e passou a ter química? Pense nisso!

Nessas afirmações há um outro engano, a palavra química é usada no lugar de "matéria", no caso para se referir à matéria tóxica, poluente ou prejudicial ao ser humano. No entanto, o que é a matéria? Química e matéria têm significados totalmente diferentes. Matéria é tudo o que existe de concreto no mundo. Seja no mundo vivo ou inanimado. Tudo é matéria. Eu sou constituída por matéria, as paredes são formadas por matéria. O alimento natural e o cosmético sintetizado na indústria são constituídos por matéria. Logo, o que existe é a matéria, e não a **química**. Tudo que tem massa ocupa lugar no espaço e você pode pesar é matéria. Embora, muitas vezes, nós não percebamos, como é o caso do ar.

Chico Buarque constata isso na música Um copo vazio[1]:

Foto: Ricardo Stuckert/PR. Wikipedia - CC 2.0

Chico Buarque de Holanda durante cerimônia de Entrega do Prêmio Camões no Palácio de Queluz, Sala do Trono - Portugal em março de 2023.

"É sempre bom lembrar,
Que um copo vazio, Está
cheio de ar"

O ar tem massa, embora não pareça, logo é matéria.

E o que não é matéria? O pensamento, a saudade, o conhecimento, o amor. Esses são sentimentos abstratos e não existem no mundo concreto. Embora existam!

**Vamos pensar juntos?**

1. Você consegue propor um fenômeno que mostre que o ar ocupa lugar no espaço, logo é matéria?

■

# A Química, o que é?

Podemos dizer que Ciência é um conjunto de conhecimentos desenvolvidos através dos tempos para responder perguntas sobre os mais amplos temas. Essas perguntas, geralmente novas, devem ser respondidas com rigor, por meio de muita pesquisa e estudo. Quando as respostas são aceitas pelos outros pesquisadores da área, ela passa a fazer parte do conhecimento científico. Esses conhecimentos obtidos através de muita imaginação, criatividade, estudo e trabalho não são eternos, nem inquestionáveis.

[1]BUARQUE, Chico. Um copo vazio. *In*: ALMEIDA, João (Org.). **Antologia da música popular brasileira**. São Paulo: Editora Música, 2005. p. 45-46.

O conhecimento científico é aquele que melhor explica, em um dado momento, a questão levantada, podendo ser contestado no futuro, por meio de novas descobertas. Logo ele é dinâmico.

Até o século XVII, acreditava-se que o Sol girava em torno da Terra. Foi Galileu que, através de estudos científicos, provou que ela girava em torno do Sol. Por essa constatação, ele foi julgado herege pela Inquisição em 1633, tendo sido condenado a prisão perpétua.

**Vamos pensar juntos?**

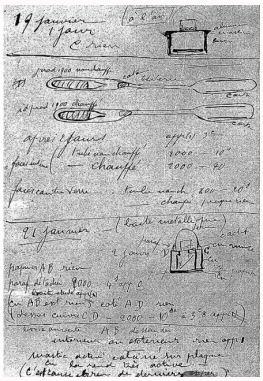
1. Você conhece algum fato, fenômeno ou coisa cujo sentido tenha sido modificado através de estudos científicos?

A Ciência Química é o conjunto de conhecimentos referentes à matéria. São conhecimentos sobre a origem da matéria, sua constituição, ou seja, do que ela é formada, suas transformações e aplicações. Esses são os temas de estudo dos químicos. Assim, a Química é um conhecimento, logo um substantivo abstrato e não concreto, e não existe concretamente em lugar nenhum. O que é concreto é a matéria. Alguns químicos, ao contestarem as críticas feitas à Química, dizem: "Tudo tem Química". No entanto, cometem um engano. **Nada tem Química!**

Até aqui, nós tentamos mostrar o significado das palavras Ciência, Química e matéria. Agora, gostaríamos de mencionar algumas razões para se entender um pouco a Química. Hoje, com o mundo repleto de informações de fácil aquisição, é sempre interessante se saber por que estamos usando nosso tempo para estudar alguma coisa. A Ciência não é apolítica; pelo contrário, ela está diretamente envolvida com questões políticas, sociais, econômicas e religiosas. Atualmente, no Brasil, isso é mais claro do que nunca. A boa ou má utilização da Ciência é uma questão ideológica, resolvida apenas com a interferência de uma sociedade bem-informada, crítica, ética e atuante, que questione posições, avalie ideias e perceba as implicações sociais do conhecimento científico (vide referência ao final do capítulo). Só assim a humanidade poderá agir de maneira a preservar a natureza, inclusive o próprio homem, formando juízo a

respeito dos riscos e benefícios das mais diversas tecnologias. O melhor exemplo dessa constatação é a utilização da radioatividade, que serve tanto como cura para o câncer quanto como instrumento de guerra para matar. Ter noção do conhecimento químico, da Química, é, sem dúvida, fundamental para essa sociedade crítica.

Wikimedia Commons / Shizho e W. Trust

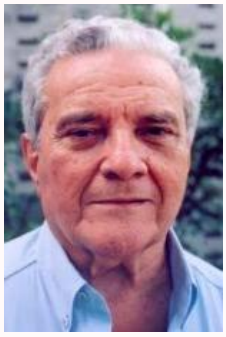


Marie Curie (1867-1934) descobriu a primeira substância radioativa, o rádio. As anotações de Marie Curie estão guardadas em caixas de chumbo nos porões da Biblioteca Nacional da França. Elas são consideradas ainda muito radioativas para serem manuseadas. No final o século XIX havia uma crescente comunidade científica interessada no estudo da radioatividade, estes estudos ajudaram a compreender, de um novo modo, a estrutura da matéria

## O que é saber Química?

O que é saber Química? Quando nós trabalhamos a matéria, estamos lidando com quantidades que podem ser pesadas, medidas, analisadas etc., ou seja, trabalhamos no macrossistema. Trabalhamos com substâncias, lidamos com quilos, gramas, miligramas e, hoje em dia, até com nanogramas ($10^{-9}$ g). As explicações para os fenômenos que estão sendo observados, no entanto, originam-se no mundo submicroscópico dos átomos e moléculas. Esses são, pelo menos por ora, invisíveis para nós, pois são da ordem de $10^{-23}$ gramas, ou seja, estão escondidos. Daí a frase do Prof. Dr. Ricardo Ferreira da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE: **A Química é uma Ciência escondida**.

Academia Bras. de Ciências



Ricardo de Carvalho Ferreira (Recife, 16 de janeiro de 1928 — 30 de julho de 2013) foi um importante químico e físico brasileiro. Ao longo de sua carreira acadêmica, Ricardo Ferreira passou a ser considerado o cientista/professor, que trouxe para o Brasil a Química Quântica. Academia Brasileira de Ciências: https://www.abc.org.br/membro/ricardo-de-carvalho-ferreira/

Saber Química é conseguir correlacionar os fenômenos observados no mundo macroscópico com a explicação dada, hoje, do que ocorre no mundo submicroscópico. Isso é saber Química, e não memorizar nomes, fórmulas estruturais e configurações eletrônicas ou outra coisa qualquer. Porém, não é nada fácil fazer a ponte entre os fenômenos observados e os conceitos químicos. Por isso, precisamos estudar Química.

Para fazer essa correlação entre os dois mundos, é necessário que o estudante entenda a linguagem da Química. As fórmulas químicas fazem parte dessa linguagem. Existem vários requisitos para que uma fórmula seja proposta. Para interpretá-la, é necessário conhecer todos esses requisitos; caso contrário, aquela representação não tem nenhum significado. O que acontece é que os livros normalmente não dão essas explicações. As fórmulas químicas são parte da linguagem da Química que permite intermediar o macrossistema com o microssistema.

A falta de significado é o que domina o ensino de química em todos os níveis. Os estudantes memorizam sem entender o que estão memorizando. E o pior, acham que sabem o que estão estudando. É triste! A falta de significado gera o pouco interesse por essa disciplina. Sem interesse, o aprendizado torna-se difícil e a Ciência Química é demonizada. Feita esta apresentação, vamos ao conhecimento químico. Como dito, o conhecimento científico não é eterno. Ele está sujeito a críticas e vetos e a ser desconsiderado como tal em função de novas ideias. A história do átomo ilustra bem essa constatação.

## Curiosidade

Wikimedia Commons / Rémih

Químico alemão Felix Hoffmann (1868-1946). Ele é reconhecido por ter sintetizado as moléculas de heroína e de ácido acetilsalicílico em uma forma estável, possibilitando seu uso como medicamento. Disponível em: https://www.sciencehistory.org/education/scientific-biographies/felix-hoffmann/

Nos meados do século XIX, a pesquisa química na Alemanha estava muito desenvolvida. Nessa época, os medicamentos eram obtidos da natureza. O pai do cientista Hoffmann tomava o Ácido Salicílico (AS) extraído da planta *Salix salicifolia*, o salgueiro, para tratar sua enxaqueca. No entanto, o medicamento lhe atacava o estômago. Hoffmann resolveu fazer uma transformação no ácido para tentar melhorar a ação dele. E, deu certo. Assim, nasceu o AAS, Ácido Acetil Salicílico. Como a extração do AS em grandes quantidades da casca do salgueiro era muito trabalhosa, Hoffmann resolveu sintetizá-lo para depois transformá-lo no AAS. A síntese do AAS foi patenteada, em 1899, pelo Laboratório Bayer e o medicamento chamado de Aspirina. Certamente, o remédio industrial mais antigo e mais usado no mundo inteiro, até hoje. Um remédio sintético de origem natural.

## Vamos pensar juntos?

1. Dois medicamentos apresentam os mesmos princípios ativos; em um, o princípio ativo é natural, obtido diretamente da natureza, e no outro, ele é fabricado na indústria. Esses medicamentos curam da mesma forma? Justifique e discuta sua resposta.
2. Defina com suas palavras o que é Ciência.
3. O que é necessário para entender a Química? Você conhece algum alimento que seja sintetizado na indústria?

■

### Referência

– SÁ, Marilde Beatriz Zorzi; VICENTIN, Eliane Maria; CARVALHO, Elisa. A História e a Arte Cênica como recursos pedagógicos para o ensino de Química-Uma questão interdisciplinar. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 1, p. 9-13, 2010.

# 1. A História do Átomo

Todo mundo já ouviu falar no átomo. O que vem a ser esse átomo? Como essa ideia surgiu?

## 1.1 O início de uma ideia

Por incrível que pareça, essa ideia tem mais de 2.500 anos. Foram filósofos gregos que viviam no século V a.C. (antes de Cristo) que tiveram a ideia de propor que a matéria, os seres vivos e as coisas inanimadas seriam constituídas por partículas muito pequenininhas e indivisíveis. Leucipo de Mileto(? - ?) e Demócrito de Abdera (460 a.C. a 370 a.C.) propuseram que essas partículas, que eles chamaram de átomos (sem divisões, em grego), formariam todas as coisas do mundo. Demócrito propõe ainda que os átomos são eternos e indestrutíveis e que cada tipo de matéria é constituído por átomos qualitativamente iguais na forma, tamanho e massa e que estão em contínuo movimento no vácuo; portanto, há um número infinito de átomos. Só assim seria possível explicar a grande diversidade da natureza. Os choques entre essas partículas formavam os corpos maiores, sem interferência de divindades. Esse foi um ponto de rejeição dessa teoria pelos filósofos, da época, na sua maioria religiosos.

E que proposta! Possivelmente uma das mais fantásticas, sobretudo se considerarmos que foi resultado apenas de **observação**, **raciocínio** e **imaginação**. Muita coisa postulada por Demócrito se mostrou verdadeira. Infelizmente, na época, poucos

filósofos gregos apoiaram a ideia. Hoje, a teoria atômica a respeito da constituição da matéria nos parece muito mais lógica do que a defendida por Aristóteles. A influência desse grande filósofo religioso era muito forte; assim, a teoria defendida por Aristóteles predominou por quase 2.000 anos. No transcorrer desses anos, alguns filósofos gregos e mesmo romanos apoiaram a ideia de Demócrito.

Aristóteles (384 a.C. até a.C. 322) defendeu a teoria dos quatro elementos desenvolvida inicialmente por Empédocles (? - ?). Essa teoria foi desenvolvida como um modelo para a explicação da natureza e previa que matéria seria constituída, exclusivamente, por diferentes porções de ar, fogo, água e terra, que ele chamou de elementos. Os elementos possuíam qualidade por exemplo, a terra seria seca e fria e a água húmida e fria. Substituindo uma qualidade por outra o elemento pode se transformar no outro. Essa foi a base da teoria da transmutação tentada pelos alquimistas na tentativa de transformar metais menos nobres em ouro. Como na época as teorias não eram baseadas em experimentação a tentativa não teve sucesso.

É importante lembrar que, nesse intervalo de tempo, os homens dominaram uma série de procedimentos que podemos relacionar à Química. Entre eles, a extração de minérios, metalurgia, fabricação de vidros e de cerâmica, extração de corantes e pigmentos, tingimento de tecidos entre outros. Entre os procedimentos realizados naqueles tempos e usados até hoje, destaca-se o banho-maria, inventado pela alquimista Maria, a Judia, que viveu no Egito em torno de 300 a.C.

**Vamos pensar juntos?**

1. Baseando-se na teoria de Demócrito, veja se você consegue explicar por que ao se adicionar suavemente umas gotas de um líquido colorido solúvel em água (suco de uva, café, vinho) a cor se espalha em alguns minutos.
2. Você sabe o que é um banho-maria? Cite dois procedimentos culinários feitos através desse banho. Que temperatura é atingida nesse procedimento?

■

Esses procedimentos foram muito úteis, sobretudo a fabricação de vidros, uma vez que os químicos do século XVIII trabalhavam com gases. Eles manipulavam os gases em grandes balões de vidro. O vidro é fabricado há cerca de 3.500 anos e foi possivelmente descoberto por acaso pelos egípcios antigos. Como vimos, a manipulação da matéria é feita pela humanidade há muito tempo.

## 1.2 O átomo nos séculos XVII a XIX

Foi somente a partir do século XVII que filósofos como o astrônomo italiano Galileu Galilei (1564 a 1642), o químico irlandês Robert Boyle (1627-1691) e o físico inglês Isaac Newton (1642 a 1727), entre outros, tiveram ideias que se adaptavam melhor à teoria atômica do que à defendida por Aristóteles. Eles, no entanto, não se aprofundaram no estudo do átomo. Boyle, por seus experimentos, é considerado o precursor da Ciência Química.

**Curiosidade**

Wikimedia Commons / Blight55

Robert Boyle (1627–1691) foi um renomado químico, físico e filósofo natural irlandês, amplamente reconhecido como um dos fundadores da química moderna. Escreveu o primeiro livro sobre a Química: “O Químico Cético"(The Sceptical Chymist), de Robert Boyle, publicado em 1661, em Londres, é um livro fundamental que marca a transição da alquimia para a química moderna, defendendo o método científico e propondo o conceito de elementos químicos como "corpos perfeitamente não misturados", criticando as teorias aristotélicas e paracelsianas da época. Escrito em forma de diálogo, ele introduziu a ideia de matéria composta por partículas (corpúsculos) e estabeleceu bases para a química como ciência experimental, sendo Boyle considerado um dos pais da química moderna.

No fim do século XVIII e começo do XIX, vários químicos, entre eles Antoine Lavoisier (1743-1794), Priestley (1733-1804) e Carl Scheele (1742-1786) começaram a

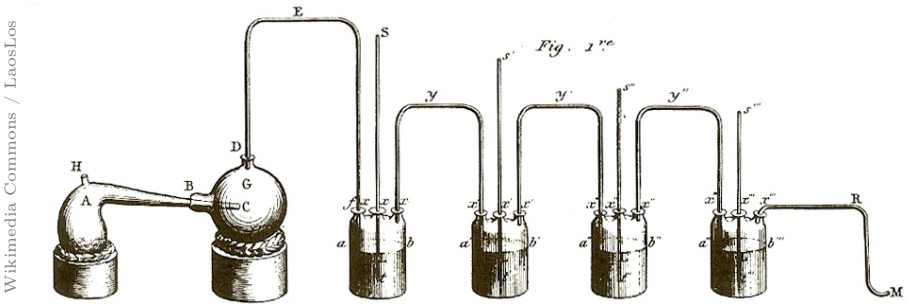
fazer experimentos a fim de analisar e transformar a matéria. Eles descobriram coisas incríveis, como a existência do gás responsável pela vida, o oxigênio, no ar. Lavoisier, que era seguidor da teoria atômica, descobriu que toda matéria viva quando entra em combustão libera água e um gás, que todos hoje conhecemos, o dióxido de carbono, o $CO_2$. Além disso, ele propôs uma nomenclatura para as substâncias químicas. Com essa proposta, como ele mesmo falou: “A Química deixa de ser uma Ciência esotérica e passa a ser compreendida por todos”, ressaltando assim a linguagem como fator importante na compreensão de uma Ciência.

**Curiosidade**

Wimedia Commons / Picryl

Antoine Lavoisier, cientista francês e um dos fundadores da Química moderna, atribui-se a ele a célebre frase: "Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma."Na realidade, esta frase é do químico.... porém ele demonstrou que a massa dos reagentes é igual à dos produtos evidenciando que não há criação de matéria. Condenado à morte, foi guilhotinado em Paris em 8 de maio de 1794 e enterrado em uma vala comum. Destaca-se também o papel de sua esposa Marie-Anne Pierrette Paulze (1758 -1836) ilustradora e tradutora das obras de Lavoisier. Disponível em: https://www.ebiografia.com/antoine_lavoisier/

Na peça "Oxigênio", de Carl Djerassi e Roald Hoffmann (Ed. Martins Fontes), Lavoisier, o inglês Joseph Priestley (1733-1804) e o sueco Carl Scheele (1742-1786) disputam a primazia pela "descoberta do ar vital”. Tente achar essa peça vale a pena ler!

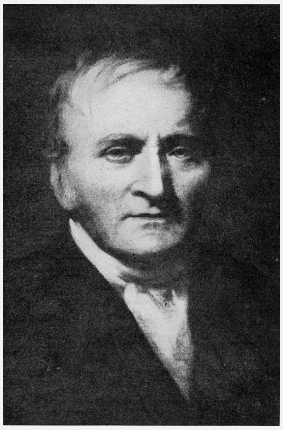



Wikimedia Commons / LaosLos

Figura de um balão no laboratório de Lavoisier, Traité élémentaire de chimie, Tomo I Pt. IV. Os desenhos dos aparelhos eram feitos por Marie-anne Paulze (1758 -1836), esposa do Lavoisier. Cópia digital a partir de Dumas & Grimaux edition (1862), Biblioteca nacional da França.

O que esses fatos têm a ver com a ideia do átomo? Embora os pesquisadores dos séculos XVIII e início do XIX não tenham se preocupado muito em entender a constituição submicroscópica da matéria, ao focarem em como ela se transforma, obtinham informações sobre sua constituição. E foi assim que Dalton teve a ousadia de, em seu livro *Um Novo Sistema da Filosofia Química*, publicado em 1806, propor a existência de átomos. Por que ousadia? Porque, na época, embora o raciocínio empregado por alguns químicos fosse atomista, o átomo ainda era um tabu. E assim continuou, de certa forma, até o começo do século XX.

**Curiosidade**



Wikimedia Commons. Picryl

John Dalton (1766-1844), inglês, de família pobre, tornou-se professor aos 12 anos de idade. Um estudioso voraz, conseguiu dominar várias línguas, como latim, grego e francês, e com isso leu muitos trabalhos referentes à Química, entre outros, os gregos e o livro de Lavoisier *Tratado Elementar da Química*. Estudou também Filosofia, Botânica e Zoologia. Amante da meteorologia, fazia medidas do clima diariamente. Começou então a estudar os gases atmosféricos, oxigênio e nitrogênio, e suas relações com a pressão e a temperatura.

Dalton estabeleceu várias leis e foi percebendo que só seria possível explicar o que observava na natureza se a matéria fosse constituída por partículas muito pequenas. Entre outras leis propostas, ele afirma que:

- a matéria é constituída por partículas últimas ou átomos;
- os átomos são indivisíveis e não podem ser criados nem destruídos, observação baseada no Princípio de Conservação da Matéria de Lavoisier;
- todos os átomos de um mesmo elemento (veremos o que é um elemento mais adiante) são idênticos e apresentam o mesmo peso;
- átomos de elementos diferentes têm pesos diferentes.

## 1.3 Estava preparado o terreno para a aceitação do átomo.

Como podemos perceber, não há muita diferença entre o proposto por Demócrito para o átomo, mas duas diferenças são cruciais: A teoria de Dalton foi baseada em dados experimentais. Além disso, ela indica que não há correspondência entre um tipo de material e um tipo de átomo, significando que os materiais podem ser constituídos por mais de um tipo de átomo, não havendo necessidade de um tipo de átomo para cada material. Ponto criticado na proposta de Demócrito. Em alguns aspectos, a teoria de Dalton mostrou se falha: sabemos hoje que os átomos não são indivisíveis e que nem todos os átomos de um mesmo elemento têm a mesma massa.

A teoria atômica de Dalton não foi facilmente aceita no início do século XIX. O homem é um ser altamente conservador e mudar um paradigma, um modelo, uma ideia é bastante difícil. Foram necessários muitos experimentos e discussões para que a ideia se firmasse, entre estes, os realizados pelo físico-químico italiano, Avogadro 1776 a 1856). Ele demostrou que um dado volume dos diferentes tipos de gases, mantidos a mesma temperatura e pressão, possuem o mesmo número de partículas. Essa constatação foi muito importante para se determinar as massas dos átomos dos diferentes gases, além de estar de acordo com a teoria atômica. Vamos entender essa afirmação mais à frente.

**Vamos pensar juntos?**

1. Com o que você sabe de química, descubra algumas substâncias que exemplifiquem o fato de não existir um único tipo de átomo para cada tipo de matéria.

■

A proposta de Dalton foi sendo aceita pela comunidade química em meados do século XIX, surgindo então a pergunta:

## 1.4 Como é o átomo?

Agora, sabemos que o tamanho dos átomos é da grandeza de $10^{-9}$ metros e nossos sentidos só percebem objetos acima de $10^{-6}$ m. Como descobrir o que não percebemos por meio de nossos sentidos? Necessitamos de instrumentos, provocações e muita criatividade. E, a partir das propriedades observadas no macrossistema, deduzir o sistema submicroscópico, ou seja, aquele menor que um micrômetro ($10^{-6}$) ou melhor, que ainda não conseguimos ver através dos microscópios. É dessa forma, que os conhecimentos químicos foram sendo formulados.

No final do século XIX, a mecânica clássica de Newton estava bem estabelecida e eram conhecidos fenômenos físicos como magnetismo e eletricidade. No entanto, as várias radiações emitidas pela matéria não conseguiam ser explicadas considerando-se o átomo indivisível. Muitos estudos sobre esses fenômenos foram realizados, na época, pelos físicos e químicos. O físico britânico, J.J. Thomson (1856-1940), estudando um tipo de radiação conhecida como raios catódicos, percebeu que eles podiam ser gerados a partir de todos os materiais testados. Isso significava que eles estavam presentes em todos os átomos.

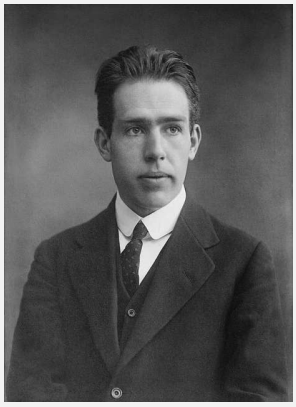
Além disso, ao irradiar um material com esses raios, ele adquiria carga negativa. Esses raios foram então denominados elétrons. A eletricidade, na época, já era entendida como decorrente de cargas negativas em movimento. Se o átomo é neutro, mas tem uma parte negativa, tem que ter, necessariamente, uma positiva. Portanto, ele não é indivisível. Thomson ganhou o Prêmio Nobel de Física em 1906. No início do século XX, na Alemanha, foram descobertos os Raios X e, na França, a radioatividade. Essas descobertas indicaram que, no átomo, além das partículas negativas e positivas, existem também partículas neutras. Essas partículas neutras e positivas foram, posteriormente, comprovadas.

Várias propostas sobre como deveria ser a estrutura do átomo foram feitas. Elas surgiam e, quando não explicavam uma nova descoberta, eram substituídas por outras, até que os químicos e físicos chegaram à estrutura atômica proposta por Bohr. O modelo atômico postulado por Bohr não é o atual. Ele permaneceu até que os estudos quânticos da matéria aperfeiçoassem a ideia. Para nós, por enquanto, é suficiente saber que os diferentes tipos de átomos possuem um núcleo onde estão

os prótons, partículas positivas, e os nêutrons. Em torno deste núcleo, giram em órbitas os elétrons, partículas negativas. Este é o modelo de Bohr.

A massa dos prótons e nêutrons é praticamente a mesma e é cerca de 3.000 vezes maior do que a dos elétrons Cada tipo de átomo é caracterizado pelo número de prótons, que é o mesmo número de elétrons. As partículas neutras podem variar, em número, em um mesmo tipo de átomo. Em outras palavras, o que caracteriza um tipo de átomo é o número de prótons e elétrons. A esse número é dado o nome de Número Atômico. A pergunta que se segue, sem dúvida, é: Como surgiram os átomos?

**Curiosidade**



loc.gov. Picryl

Niels Bohr (1885–1962), foi um físico dinamarquês que fez contribuições significativas para a compreensão da estrutura atômica e da mecânica quântica. Ganhou o Prêmio Nobel de Física de 1962. Veja sua biografia em: https://www.ebiografia.com/niels_bohr/.

A eletricidade é um fenômeno conhecido desde a Antiguidade. Tales de Mileto (VI a. C.) ao esfregar a resina vegetal, âmbar, em couro de carneiro percebeu que ela atraia gravetos e folhas. Ou seja, o âmbar teria uma propriedade (de atração) quando atritado. O âmbar era chamado de elektron. Essa propriedade do âmbar foi relacionada à eletricidade, dando origem ao seu nome e depois ao do elétron.

**Vamos pensar juntos?**

1. Por que não conseguimos observar a olho nu um átomo?
2. O que caracteriza um determinado tipo de átomo? Se cada tipo de átomo pode ter números diferentes de nêutrons, todos os átomos de um dado tipo têm a mesma massa?

**Referências**


– FILGUEIRAS, Carlos Alberto L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, v. 20, p. 38-44, 2004.

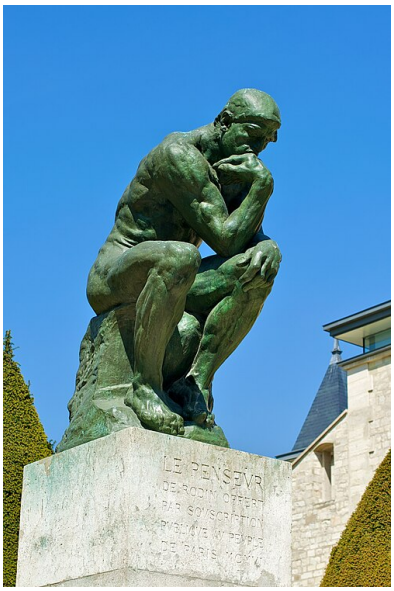
– MAAR, Juergen Heinrich. **Pequena história da química: uma história da ciência da matéria**. Florianópolis: Papa-Livro, 1999.

– ROQUE, Nídia Franca. **A Química e o Mundo - v. 1**: A Terra. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

# 2. A Origem dos Elementos Químicos

Você já pensou de onde vêm as coisas que estão no mundo? As coisas que estão no nosso planeta Terra? As montanhas, as árvores, os animais, os rios e mares?

## 2.1 Teoria sobre a criação da matéria



Wikimedia Commons / Flickr

Escultura *O Pensador*, de Auguste Rodin, no jardim do Museu Rodin, Paris.

O ser humano se diferencia dos demais animais, principalmente, por sua capacidade de falar e, consequentemente, de raciocinar.

Há muito tempo ele faz essas perguntas e busca respondê-las através de pesquisas e muita criatividade. Essas pesquisas geram teorias e leis que tentam responder às perguntas formuladas.

Entre as diversas teorias propostas sobre a origem do Universo, do Sol, da Terra e de tudo o que nela existe, a do Big Bang é a única aceita pelos cientistas, até hoje. A teoria do Big Bang sugere que, há cerca de 14 bilhões de anos, existia um

ponto de extrema densidade e energia que, em determinado momento, começou a se expandir, espalhando partículas e originando o Universo. Nos primeiros instantes desse processo, ocorreu a formação da matéria por meio da criação de partículas subatômicas, ou seja, as partículas que compõem os átomos. Os átomos são os constituintes básicos da matéria.

Nos primeiros instantes, após o Big Bang, formaram-se os núcleos atômicos mais leves, como os dos átomos de hidrogênio, hélio e, em menor quantidade, lítio, berílio e boro. O hidrogênio continua sendo, até hoje, o elemento químico predominante no Universo, seguido pelo hélio. Juntos, eles constituem 99% dos átomos presentes no Universo que conhecemos. Tudo indica que a matéria foi formada nos primeiros segundos após o Big Bang através de um processo chamado nucleossíntese primordial, no qual núcleos mais leves se fundiram para gerar núcleos mais pesados, liberando uma grande quantidade de energia. As primeiras fusões utilizaram a energia do Big Bang, e, em seguida, as próprias fusões liberaram mais energia para permitir novas fusões, formando assim os núcleos mais pesados.

Quando o universo atingiu cerca de 400 mil anos e a temperatura baixou para 300.000 graus Kelvin, os núcleos, que possuíam carga positiva, se uniram a partículas negativas, gerando os átomos, que são neutros. O que se seguiu foi uma transformação dessa matéria inicial, gerando os demais átomos existentes hoje na natureza.

**Curiosidade**

O Kelvin (símbolo: K) é o nome da unidade de base do Sistema Internacional de Unidades (SI). Na grandeza Temperatura 0 (zero) K é equivalente a -273 °C (graus Celsius); o “frio infinito"(zero absoluto).

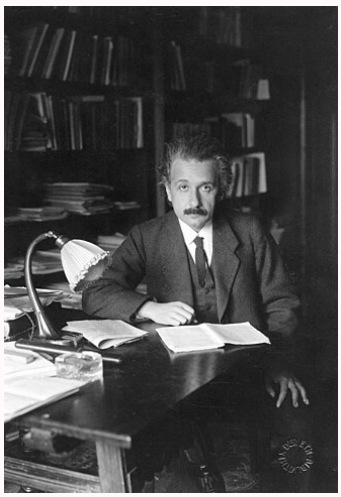
Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Kelvin

Você certamente ouviu falar da bomba atômica, que tem uma enorme capacidade de liberar energia, produzindo grandes destruições. Essa bomba é baseada na fissão (quebra) de átomos de urânio, gerando átomos de xenônio e estrôncio, além de muita energia.

A bomba de hidrogênio, menos conhecida, pois nunca foi colocada em prática (embora tenha sido testada), precisa de muita energia para ser acionada, e seu poder de destruição é enorme. Como libera mais energia, sua destruição é muito, muito

maior que a da bomba atômica. Essa bomba segue o mesmo princípio proposto para a formação da matéria, a nucleossíntese. É por meio da nucleossíntese que o Sol permanece ativo até hoje. Na maioria das estrelas de baixa massa, como o Sol, o processo de nucleossíntese prossegue somente até a formação do núcleo de carbono. Átomos mais pesados são formados em estrelas maiores.

Na nucleossíntese, os diferentes átomos vão sendo formados pela fusão de átomos menores, originando átomos maiores. Nesse processo, ocorre perda de massa, que é transformada em energia. Essa transformação foi comprovada por Einstein no início do século XX.



Wikimedia Commons Mblumber

Albert Einstein (1879-1955) foi um físico teórico alemão, conhecido por desenvolver a Teoria da Relatividade, que revolucionou a física moderna. Suas contribuições, incluindo a famosa fórmula $E = mc^2$, (**E** é a energia, **m** é a massa e **c** é a velocidade da luz no vácuo) transformaram nosso entendimento sobre espaço, tempo e energia. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein

A teoria do Big Bang propõe que toda matéria existente no universo tenha sido formada nos primeiros segundos da expansão. Depois, o que houve foi a transformação da matéria formando diferentes tipos de átomos, não ocorrendo mais a criação da matéria.

**Vamos pensar juntos?**

1. Leia sobre a bomba de hidrogênio e entenda a nucleossíntese.
2. Pesquise sobre os efeitos das bombas atômicas lançadas no Japão no fim da Segunda Guerra Mundial.

■

## 2.2 Elementos Químicos

Chamamos de elemento químico um conjunto de átomos que têm o mesmo número de prótons e, portanto, também de elétrons. Como já vimos, para um mesmo elemento químico, podem existir átomos com diferentes números de nêutrons. Assim, o que caracteriza um elemento químico é o número atômico, ou seja, o número de prótons, não importando o número de nêutrons que os átomos possuam. O termo elemento químico é utilizado para nos referirmos à matéria no macrossistema.

Para o elemento hidrogênio, existem três subtipos de átomos, todos com um próton e um elétron: o prótio, sem nêutrons; o deutério, com um nêutron; e o trítio, com dois nêutrons. Na natureza, a porcentagem de cada tipo de átomo de hidrogênio é: 98,1% de prótio (ou simplesmente hidrogênio); 1,1% de deutério; e menos de 0,0004% de trítio. Denominamos esses átomos, que pertencem ao mesmo elemento químico, mas possuem diferentes números de nêutrons, de isótopos. Isótopos significa "mesmo lugar"em grego.

Atualmente, são conhecidos 114 elementos químicos, dos quais 92 são naturais, ou seja, encontrados na natureza. Os demais são sintéticos e foram obtidos pelo homem através de transformações ocorridas nos elementos naturais, uma vez que não conseguimos criar matéria. Esses elementos sintéticos têm uma vida muito curta, pois se decompõem rapidamente.

Concluindo, a partir dos elementos químicos existentes na natureza, são formadas todas as coisas e seres que existem na Terra. Como só existem 92 tipos de átomos naturais, é necessário que os átomos se unam, formando novas partículas.

**Vamos pensar juntos?**

1. Você acha que a teoria do Big Bang pode ser trocada por outra para explicar a criação da matéria?

■

## 2.3 Como estão distribuídos os elementos químicos na Terra?

A Terra é formada pela crosta, o manto e o núcleo, além da atmosfera. A crosta é a camada mais rígida. Sob os continentes, ela tem uma espessura média de 35 km, enquanto sob os oceanos a espessura da crosta diminui, chegando a 6 km.

A composição química da crosta é bastante variada. Nela estão presentes os vários minerais, substâncias contendo entre outros elementos os metais.

O solo brasileiro é muito rico em minerais, inclusive nos conhecidos como "terras raras". Terras raras são minerais contendo 17 elementos químicos. Esses elementos têm estruturas muito parecidas, o que torna difícil a extração e separação destes. Eles são utilizados, por exemplo, na fabricação de turbinas eólicas e carros elétricos. Embora, o solo brasileiro possua terras raras,o Brasil não tem ainda tecnologia para separar e purificar essas substâncias. O Brasil possui também minerais críticos como os contendo nióbio utilizado na fabricação de ligas de aço de alta resistência como as usadas em turbinas de avião.

in A Química e o Mundo.

O Brasil compete mundialmente como produtor de ferro, alumínio, manganês e nióbio, sendo que 99% deste último metal é encontrado aqui no Brasil. O mapa acima mostra alguns estados onde ocorrem as jazidas de minérios.

O manto é constituído por minerais compostos de silício e oxigênio, ricos em ferro e magnésio. Ele se comporta como um fluido muito viscoso. O núcleo começa a

partir de 2.900 km de profundidade e vai até o centro da Terra, que está a cerca de 6.370 km. Ele é composto por duas camadas: o núcleo externo e o núcleo interno. A porção externa é fluida e vai até 5.100 km de profundidade, sendo composta por ferro e níquel, com pequenas quantidades de silício, oxigênio e enxofre. O núcleo interno é sólido e formado basicamente por ferro e níquel.

Além desses elementos, existem muitos outros espalhados pela crosta e pelo manto em pequenas quantidades, formando os minerais que são hoje explorados e utilizados pelos seres humanos. Esses elementos foram capturados pela Terra ao longo de sua formação. A Terra possui, ainda, uma atmosfera que a envolve. A atmosfera primitiva da Terra era principalmente composta pelo gás dióxido de carbono ($CO_2$), considerado hoje um dos principais agentes do efeito estufa. As transformações que ocorreram na superfície da Terra, sobretudo após o início da vida, permitiram que esse gás fosse incorporado aos seres vivos e aos ambientes terrestre e marinho, formando carbonatos, principal componente de conchas e carapaças de animais e de algumas rochas. Essa incorporação evitou que nosso planeta se tornasse muito quente, como Vênus, cuja atmosfera é constituída principalmente por $CO_2$.

A composição do ar seco na troposfera, a parte inferior da atmosfera terrestre que atinge cerca de 11 km, é essencialmente composta por nitrogênio (78,1 %), oxigênio (20,9 %), argônio (0,93 %) e $CO_2$ ( 0,038 %). Além desses elementos, o ar que respiramos contém espécies gasosas menos abundantes, partículas sólidas, aerossóis (partículas líquidas) e vapor d'água. Hoje, devido às atividades humanas, o percentual de $CO_2$ tem aumentado. Essa é uma das causas do aquecimento global.

## 2.4 Como são nomeados e representados os elementos químicos?

Como os elementos químicos têm nomes diferentes em várias línguas, usamos para representá-los, a primeira letra do seu nome em latim, grafada em maiúscula, não só para facilitar a comunicação entre povos de línguas diferentes, mas também para simplificar a escrita. Quem propôs essa ideia foi o químico Berzelius, no século XIX.

Quando existem dois ou mais nomes de elementos com a mesma letra inicial, usamos a primeira letra maiúscula e a segunda minúscula. Por exemplo, o elemento sódio, em latim *Natrium*, tem como símbolo **Na**, pois **N** é o símbolo do nitrogênio. Enxofre, em latim *Sulfur*, tem o símbolo **S**, e silício tem como símbolo **Si**. O símbolo do argônio é **Ar** e o do arsênio é **As**.

Essa maneira simbólica de representar os elementos químicos facilitou muito a representação das várias partículas que compõem a matéria, como veremos mais adiante. Existem alguns símbolos que podem parecer estranhos para nós, aqueles cujos nomes em latim são muito diferentes dos nomes em português, como os mostrados a seguir:

| **Nome em português** | **Símbolo** | **Nome em latim** |
|---|---|---|
| Antimônio | **Sb** | *Stibium* |
| Chumbo | **Pb** | *Plumbum* |
| Cobre | **Cu** | *Cuprum* |
| Enxofre | **S** | *Sulfur* |
| Estanho | **Sn** | *Stannum* |
| Fósforo | **P** | *Phosphorus* |
| Mercúrio | **Hg** | *Hydrargyrum* |
| Ouro | **Au** | *Aurum* |
| Potássio | **K** | *Kalium* |
| Prata | **Ag** | *Argentum* |
| Sódio | **Na** | *Natrium* |
| Tungstênio | **C** | *Wolfram* |

## 2.5 Elementos químicos podem apresentar isótopos

Você sabe há quantos anos o *Homo sapiens*, nossa espécie, chegou à América? A resposta a essa pergunta vem sendo alterada quase todo ano: 10.000, 14.000, 30.000 e 50.000 anos são respostas dadas em função da descoberta de novos fósseis. Mas como se propõem essas datas? Essa resposta é obtida por meio de uma investigação chamada datação arqueológica. A datação é realizada mediante a análise do isótopo do elemento carbono, cujo átomo tem 6 prótons e 8 nêutrons e é radioativo.

O átomo do carbono-14 emite radiações e se transforma em nitrogênio. Essas radiações podem ser detectadas por um detector Geiger-Müller ou, hoje, por técnicas mais sofisticadas. A datação arqueológica de fósseis de materiais vivos, como animais, inclusive o homem, e madeiras indica a idade do fóssil. Como? O carbono-14, um isótopo radioativo, está presente na natureza em uma determinada porcentagem.

Enquanto o ser está vivo e interage com o ambiente, ele mantém em seu corpo a mesma porcentagem de C-14 presente na natureza.

Após sua morte, o C-14 continua se desintegrando e não há mais nova absorção, assim a quantidade dele vai diminuindo. Essa diminuição ocorre em períodos bem definidos. No caso do carbono-14, em 5.730 anos a quantidade do átomo radioativo diminui pela metade, e evidentemente as emissões serão relativas a essa quantidade. Nos próximos 5.730 anos, ela cai novamente pela metade. Esse tempo é chamado de meia-vida do elemento. Em função da quantidade de C-14 restante na época da medida, é possível avaliar com segurança a idade na qual viveu o fóssil. Após 70.000 anos, a quantidade de C-14 no fóssil é tão pequena que não é mais possível detectar as radiações com precisão.

**Curiosidade**

Você sabe o que significa *Big Bang*? "Bang"é o termo em inglês usado para indicar o som de uma explosão. Durante um programa de rádio da BBC de Londres, o físico inglês Fred Hoyle comentou, em tom irônico, que a teoria apresentada por Lemaitre, entre outros, mais parecia um *Big Bang*. A teoria foi aceita pela comunidade científica, e o nome pegou. Fred Hoyle tinha uma outra teoria, que não foi aceita pelos cientistas. O famoso físico Einstein, embora na época não acreditasse na expansão do universo, referiu-se à explicação dada por Lemaitre como a mais inteligente que ele já ouvira.

**Vamos pensar juntos?**

1. Qual a diferença entre átomo e elemento químico?
2. Por que, na exosfera (acima de 500 km do solo), os elementos químicos predominantes são o hidrogênio e o neônio?
3. A frase de propaganda de um restaurante vegetariano, “Nossos alimentos não contêm nenhum elemento químico”, faz sentido para você?

■

# 3. A Matéria

AGORA que conhecemos a teoria que propõe como a matéria foi criada, vamos tentar entender como os 92 elementos químicos naturais formam tudo que existe no Universo. E, olha que existe um mundão de seres vivos e de coisas!

## 3.1 Como 92 elementos químicos formam milhões de substâncias?

Se fizermos uma analogia com as línguas que utilizam o alfabeto latino, o nosso alfabeto, talvez fique mais fácil aceitar esse fato. Uma proposta bem antiga compara letras a átomos: assim como as 26 letras do alfabeto latino constroem centenas de milhares de palavras, que dão significado às coisas em várias línguas; os 92 elementos químicos, ao se unirem, formam as milhões de partículas que compõem as coisas e os seres vivos existente no mundo. Fantástico, não?

Como isso acontece? Assim, como são poucas palavras constituídas por uma só letra, são poucas partículas constituídas por um único átomo. Na sua grande maioria, as partículas são constituídas por 2, 3, 4, n átomos ligados. Daí a possibilidade de formação de milhões e milhões de partículas diferentes. Veja, a seguir, a analogia:

a + b + a = aba

H + O + H = H-O-H = $H_2O$ (uma representação da molécula da água)

E por que os átomos se ligam?

Na natureza, tudo tende a uma maior estabilidade. Quando átomos se ligam a outros átomos, iguais ou diferentes, formam partículas mais estáveis do que o átomo isolado. Compreender por que alguns átomos não se ligam foi essencial para entender porque outros formam ligações. Estudando os elementos cujos átomos não se ligam entre si, nem a outros átomos – por isto foram chamados de gases nobres – os pesquisadores verificaram que todos eles possuem 8 elétrons, em suas órbitas (chamadas de camada) mais externas.

| **Gás nobre** | **Símbolo** | **Número atômico (Z)** | **Camadas** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | K | L | M | N | O | P |
| Hélio | He | 2 | **2** | | | | | |
| Neônio | Ne | 10 | 2 | **8** | | | | |
| Argônio | Ar | 18 | 2 | 8 | **8** | | | |
| Criptônio | Kr | 36 | 2 | 8 | 18 | **8** | | |
| Xenônio | Xe | 54 | 2 | 8 | 18 | 18 | **8** | |
| Radônio | Rn | 86 | 2 | 8 | 18 | 32 | 18 | **8** |

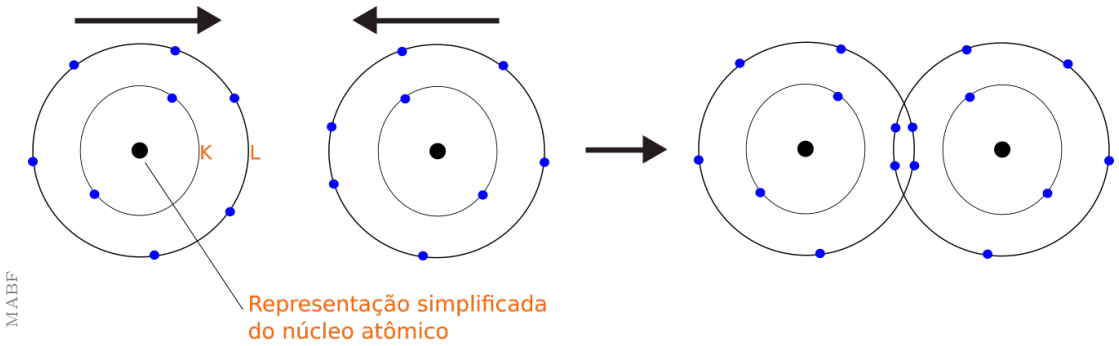
Essa constatação levou à formulação da Regra do Octeto, que propõe: ao se unirem, os átomos perdem, ganham ou compartilham elétrons para atingir 8 elétrons de valência, ou seja, nas órbitas mais externas. Relembrando o átomo proposto por Bohr, ele possui um núcleo central onde estão os prótons e os nêutrons, e à sua volta circulam os elétrons em órbitas circulares. Reforçando mais uma vez, este modelo não é o aceito atualmente, mas ele serve para explicarmos os conceitos que vamos abordar aqui. Elétrons de valência são aqueles que estão nas órbitas mais externas do átomo e que são utilizados para fazer as ligações com outros átomos. A Regra do Octeto é válida para vários átomos, mas, à medida que o número de prótons e elétrons aumenta, a distribuição dos elétrons se torna mais complexa e a regra nem sempre funciona. Ao se unirem, os átomos formam partículas estáveis de vários tipos:

**Moleculares:** moléculas são partículas neutras, formadas por ligações covalentes nas quais os elétrons mais externos dos átomos compartilham dois ou mais núcleos, de maneira a completarem oito elétrons nas órbitas mais externas, com a exceção das moléculas do hidrogênio e do hélio, cuja única órbita pode conter no máximo dois elétrons.

Substâncias moleculares podem ser constituídas por átomos de um mesmo elemento ou de vários elementos diferentes. Para representá-las, usamos as Fórmulas Moleculares (FM), que informam, por meio de seus símbolos e índices, quantos

átomos de cada constituinte químico existem na molécula. Ex: $H_2$, $H_2O$, $C_2H_6O$ e $C_6H_5Cl$.

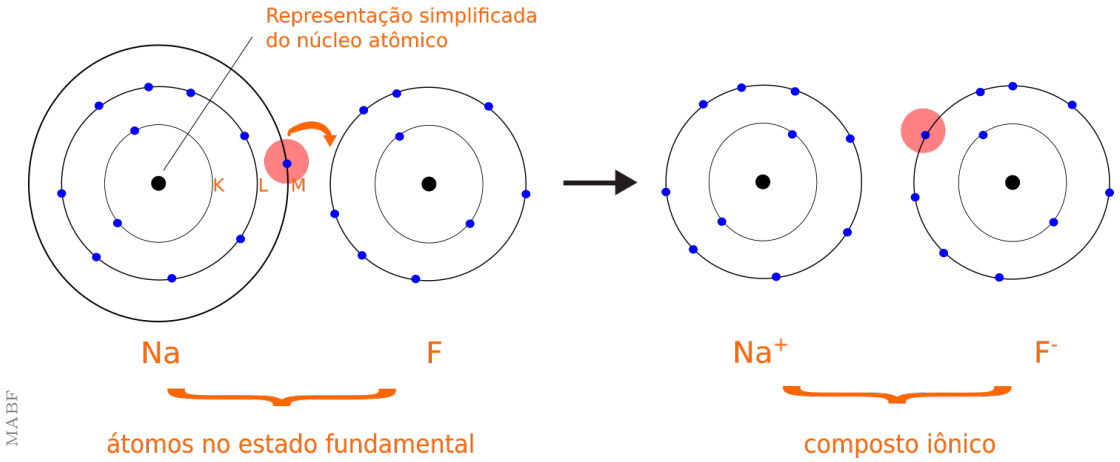
O oxigênio que respiramos é constituído por moléculas formadas pela união de dois átomos de oxigênio. O átomo de oxigênio tem dois elétrons em uma órbita interna e seis elétrons de valência, ao compartilharem dois elétrons de valência de cada átomo, estes passam a ter oito elétrons na camada mais externa. O esquema, a seguir, representa a união de dois átomos de oxigênio para formar a molécula, utilizando o modelo de Bohr.




Representação de como a uma molécula de oxigênio seria formada a partir do compartilhamento de elétrons da camada (ou nível energético) mais externa, também chamada de camada de valência.

**Iônicas:** íons são partículas carregadas, positivas ou negativas, formadas pela transferência de um ou mais elétrons de um átomo para outro. Quando isso ocorre, formam-se íons positivos, decorrentes da doação de elétrons, e íons negativos, decorrentes da recepção de elétrons.

Esses íons atraem-se fortemente. Íons negativos estão sempre associados a íons positivos. Essas partículas são características de sais. Ex: NaCl, cloreto de sódio, (sal de cozinha) e $K_2CO_3$ , carbonato de potássio. Essas representações, infelizmente, não indicam as cargas dos íons. As partículas seriam melhor representadas por $Na^+Cl^-$, $K_2^{+2}(CO_3)^{2-}$. As cargas devem sempre se anular ao formar um constituinte químico iônico como representado, a seguir, na formação do sal NaF, fluoreto de sódio:




Representação de como a uma partícula de fluoreto de sódio, NaF, seria formada a partir da doação de elétrons da camada (ou nível energético) mais externa do sódio para o átomo de flúor

Constituintes químicos são as partículas que formam a matéria, isto é, os átomos, as moléculas e os íons. No caso dos constituintes iônicos, os dois íons, o negativo e o positivo, devem estar presentes. Além dessas partículas, os átomos se unem para formar os metais.

**Metálicas:** nos metais, vários átomos de um mesmo elemento são unidos pelos elétrons mais externos que se deslocam sobre todos eles. Os metais são representados pelo símbolo do elemento metálico. Ex: **Fe**, **Al** e **Au**.

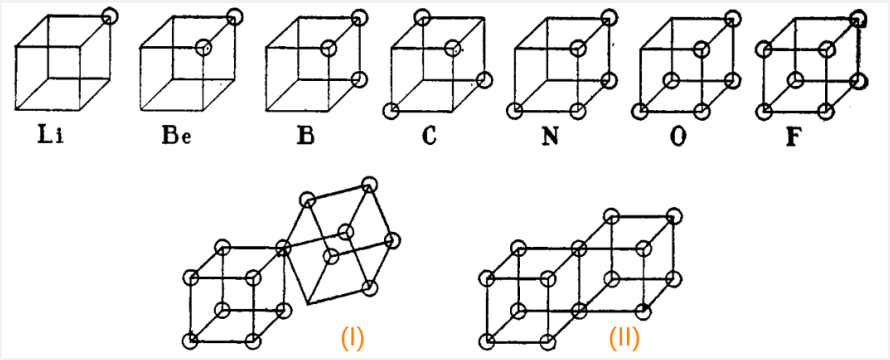
Os átomos dos gases nobres existem na natureza isolados, como partículas formadas por um só átomo. São eles: Hélio (**He**), Neônio (**Ne**), Argônio (**Ar**), Criptônio (**Kr**), Xenônio (**Xe**) e Radônio (**Rn**).

Átomos, moléculas e íons são os constituintes químicos submicroscópicos da matéria, os quais formam as substâncias no macrossistema.

## Curiosidade

Wikimedia Commons

Gilbert N. Lewis (1875-1946), químico estadunidense, foi pioneiro em propor que os átomos se uniam mediante compartilhamento de elétrons de valência. Em 1916, Lewis publica o artigo "O átomo e a molécula". Nesse importante trabalho, baseando-se em estudos da época envolvendo o comportamento elétrico da matéria, Lewis propõe que são os elétrons das camadas mais externas de cada átomo e organizados em pares os responsáveis pela ligação química. Contudo, diferente da proposição de Bohr, em que os elétrons estão em movimento e organizados em camadas (ou níveis energéticos), no modelo de Lewis os elétrons estariam parados e organizados sobre os vértices de um cubo. A ligação se daria pelo compartilhamento de vértices, arestas ou faces desses átomos cúbicos. A figura a seguir reproduzida a partir do artigo de 1916, (I) representaria a formação de uma molécula de $F_2$ e (II) uma molécula de $O_2$.




The atom and the molecule / G. Lewis

Posteriormente, em 1923, G. Lewis publica um novo artigo abandonando a ideia do átomo cúbico conciliando as órbitas circulares propostas por Neils Bohr, mas, conservando a ideia central: a de que o compartilhamento de elétrons da camada de valência é responsável pela ligação entre os átomos em compostos moleculares. Todas essas propostas sobre a estrutura das moléculas, embora posteriormente rejeitadas, foram importantes na construção dos modelos aceito atualmente.

## Vamos pensar juntos?

1. Sabendo que o nitrogênio tem 7 elétrons e sua molécula possui 2 átomos. Proponha como deve ser o compartilhamento de seus elétrons.

■

## 3.2 Lidando com quantidades

Trataremos a partir de agora sobre a seguinte questão: como calcular a massa de um constituinte químico atômico, molecular ou iônico?

A Química é uma ciência que estuda a matéria, que, por sua vez, tem massa, energia e ocupa lugar no espaço (tem volume). Portanto, entender as relações de massa dos diferentes constituintes químicos (sistema submicroscópico) com as substâncias (sistema macroscópico) correspondentes é fundamental.

Toda medida necessita de um padrão que serve de referência para as outras medidas. Por exemplo, o quilograma-padrão equivale a um cilindro de 3,917 cm de altura e de diâmetro, feito de 10% de irídio e 90% de platina guardado na sede do Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), na cidade de Sèvre (França). Assim, se você compra um saco com dois quilos de arroz significa que o arroz pesa o equivalente a duas vezes a massa do cilindro padrão.

Wikimedia Commons / J. Lee/NIST (C.C. 3.0)

Protótipo padrão internacional de platina iridiada para a massa de 1 kg, também conhecido como *Big K*.

A partir de 2019, a unidade de massa do Sistema Internacional de Unidades (SI), o quilograma, teve sua definição modificada. Deixou de equivaler ao cilindro de irídio e platina guardado na sede do Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), para ser baseado na Constante de Planck (h), por meio de uma fórmula matemática.

Essa mudança ocorreu porque um objeto físico com o tempo pode ter sua massa modificada, enquanto a constante de Planck é imutável.

No sistema submicroscópico, o padrão da massa atômica é a massa do isótopo do átomo de carbono que tem 6 prótons e 6 nêutrons, o C-12. Uma unidade de massa atômica (u) equivale a $\frac{1}{12}$ da massa do átomo de carbono-12. A unidade de massa atômica (u) corresponde a $1,66054 \times 10^{-24}$ g e é aproximadamente igual à massa de um próton ou de um nêutron. Como já vimos, a massa de um elétron é cerca de 3.000 vezes menor.

A massa atômica de um átomo é a sua massa determinada em unidades de massa atômica (u). A massa atômica de um constituinte químico indica quantas vezes ela é maior que u, ou seja, maior que $\frac{1}{12}$ da massa atômica do C-12. Isso indica que os constituintes químicos têm massas atômicas diferentes e quanto maior o número de prótons e neutros maior ela será.

A massa de uma molécula é dada pelo somatório das massas atômicas dos átomos que a constituem. Como é calculada essa massa? Recorde que um constituinte atômico (um tipo de átomo) tem átomos com o mesmo número de prótons, mas com número de nêutrons diferentes (isótopos), logo, massas diferentes, que entram na composição do constituinte em percentagens diferentes.

A massa atômica de um constituinte químico é dada pela média ponderal de seus isótopos. Por exemplo, a massa atômica do Cloro é dada pela média ponderal das massas dos dois isótopos com massas respectivamente 35 u (75,76%) e 37 u (24,24%), ou seja, a massa atômica do cloro é 35,45 u.

A massa atômica do hidrogênio é 1,008 u, a do carbono é 12,011 u, a do oxigênio é 15,999 u e a do sódio é 22,990 u. Assim, a massa molecular do constituinte químico $NaHCO_3$, bicarbonato de sódio, é 84,006 u.

Os únicos constituintes químicos que não possuem isótopos são: Berílio, Flúor, Sódio, Alumínio, Fósforo, Escândio, Manganês, Cobalto, Arsênio, Ítrio, Nióbio, Ródio, Iodo, Césio, Praseodímio, Térbio, Hólmio, Túlio, Ouro, Bismuto e Protactínio.

| Símbolo | Nome | Z* | Massa Atômica | Símbolo | Nome | Z* | Massa Atômica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H | Hidrogênio | 1 | 1.008 | Na | Sódio | 11 | 22,990 |
| He | Hélio | 2 | 4,003 | Mg | Magnésio | 12 | 24,305 |
| Li | Lítio | 3 | 6,941 | Al | Alumínio | 13 | 26,982 |
| Be | Berílio | 4 | 9,012 | Si | Silício | 14 | 28,086 |
| B | Boro | 5 | 10,811 | P | Fósforo | 15 | 30,974 |
| C | Carbono | 6 | 12,011 | S | Enxofre | 16 | 32,066 |
| N | Nitrogênio | 7 | 14,007 | Cl | Cloro | 17 | 35,453 |
| O | Oxigênio | 8 | 15,999 | Ar | Argônio | 18 | 39,948 |
| F | Flúor | 9 | 18,998 | K | Potássio | 19 | 39,098 |
| Ne | Neônio | 10 | 20,180 | Ca | Cálcio | 20 | 40,078 |

*Z = número de prótons ou número atômico.

## 3.3 Relacionando o sistema submicroscópico com o macrossistema

Quando falamos em massa atômica, ou seja, das massas dos átomos, tratamos de massas que são impossíveis de serem pesadas e trabalhadas no macrossistema. No macrossistema, trabalhamos com massas na ordem de quilogramas (kg), gramas (g), miligramas (mg), microgramas (µg) e, hoje em dia, até nanogramas (ng). 1 ng equivale a $10^{-9}$ g. A massa dos constituintes químicos é da ordem de $10^{-24}$ g.

Considerando a molécula de hidrogênio $H_2$, que tem a massa de aproximadamente 2 u, ou seja, $2 \times 1,66054 \times 10^{-24}$ g. Ao pesarmos 2 g deste gás, estamos lidando com um número de partículas igual a 2 g / ($2 \times 1,66054 \times 10^{-24}$ g), o que equivale a aproximadamente $6,02 \times 10^{23}$ moléculas.

Se pesarmos 84,006 g de bicarbonato de sódio, estamos pesando o mesmo número de partículas, pois a massa do constituinte $NaHCO_3$ é maior sendo igual a 84,006 u. Esse número ($6,02 \times 10^{23}$) equivale à quantidade de matéria, ou seja, a quantidade de constituintes químicos, usada no macrossistema para representar uma substância e é chamada de massa molar, ou seja, a massa de 1 mol de partículas da substância. Um mol de uma dada substância equivale a massa de uma substância que contém $6,02 \times 10^{23}$ constituintes dessa substância. 1 (um) mol é, por definição, a quantidade de matéria que contém tantas partículas elementares quantos são os átomos presentes em 0,012 kg (12 g) do isótopo carbono-12. Essas partículas podem ser átomos, moléculas ou íons. Este número, $6,02 \times 10^{23}$, é chamado de constante de Avogadro.

**Curiosidade**

Wikimedia Commons / Alonso de Mendoza

O número de Avogadro é uma homenagem ao químico italiano Amedeo Avogadro (1776 - 1856), que fez uma contribuição fundamental para a química ao formular o princípio que posteriormente levou o seu nome. Ele propôs que volumes iguais de gases, sob as mesmas condições de temperatura e pressão, contêm o mesmo número de moléculas, independentemente de sua natureza química. Essa ideia foi crucial para o desenvolvimento da teoria molecular e para a definição do conceito de mol. O número de Avogadro é uma constante fundamental na química, ajudando a relacionar a escala atômica com a escala macroscópica das substâncias. Essa constante foi comprovada cem anos depois pelo químico francês Jean Perrin.

No macrossistema trabalhamos com os elementos químicos formadores das substâncias. Uma substância é constituída por um único tipo de constituinte químico, ou seja, por um único tipo de partícula, seja átomo, molécula, íons ou metal.

O mol é o padrão de quantidade de matéria usada no macrossistema. Agora que você já sabe o que é o mol, não precisa mais fazer todos esses cálculos, pois ele será em valor absoluto igual a massa molecular.

Exemplo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Constituinte químico | Hidrogênio $H_2$ | massa molecular | 2,016 u |
| Substância | Hidrogênio $H_2$ | massa molar (1 mol) | 2,016 g |

**Vamos pensar juntos?**

1. Qual a massa molar (massa de 1 mol de moléculas) do $CO_2$?
2. Por que um constituinte químico não pode ser representado por um único íon?

■

## 3.4 Por que a ideia de mol é importante?

Quando adicionamos fermento químico, bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$), à massa de bolo e a levamos ao forno, ele se decompõe, formando água, dióxido de carbono e carbonato de sódio ($Na_2CO_3$). Um químico escreve esta transformação da seguinte forma:

$$2\,NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

E lê, no macrossistema, da seguinte forma: 2 mols de bicarbonato de sódio se decompõem dando um mol de carbonato de sódio, um mol de água e um mol de dióxido de carbono, $CO_2$ . Um mol de uma substância molecular é composto por um ou mais mols dos elementos químicos que a constituem.

Perceba que na decomposição do bicarbonato não há criação de matéria; o mesmo número de mols de cada elemento químico está presente nos dois lados da equação. Por exemplo, 2 mols de átomos de hidrogênio (H) no bicarbonato e dois mols de átomos de hidrogênio (H) na água. A equação química é a maneira pela qual uma transformação da matéria é representada.

Como um mol tem sempre o mesmo número de partículas a massa em gramas da substância corresponde à massa molecular vezes este número. Assim, o mol de cada substância equivale a massa molecular desta substância expressa em gramas, uma vez que, o número de partículas vezes unidade de massa atômica é igual a 1 g:

$$1,66054 \times 10^{-24}\ \text{g} \times 6,02 \times 10^{23} = 1\ \text{g}.$$

Dessa maneira correlacionamos o submicrossistema ao macrossistema. Muito confuso? Daqui para a frente, as coisas ficarão mais fáceis de entender. No entanto, é necessário compreender essa relação para entender como o químico trabalha no macrossistema e raciocina no submicrossistema, como veremos mais adiante.

**Vamos pensar juntos?**

1. Quantos átomos você acha que tem em um mol carbonato de sódio?

■

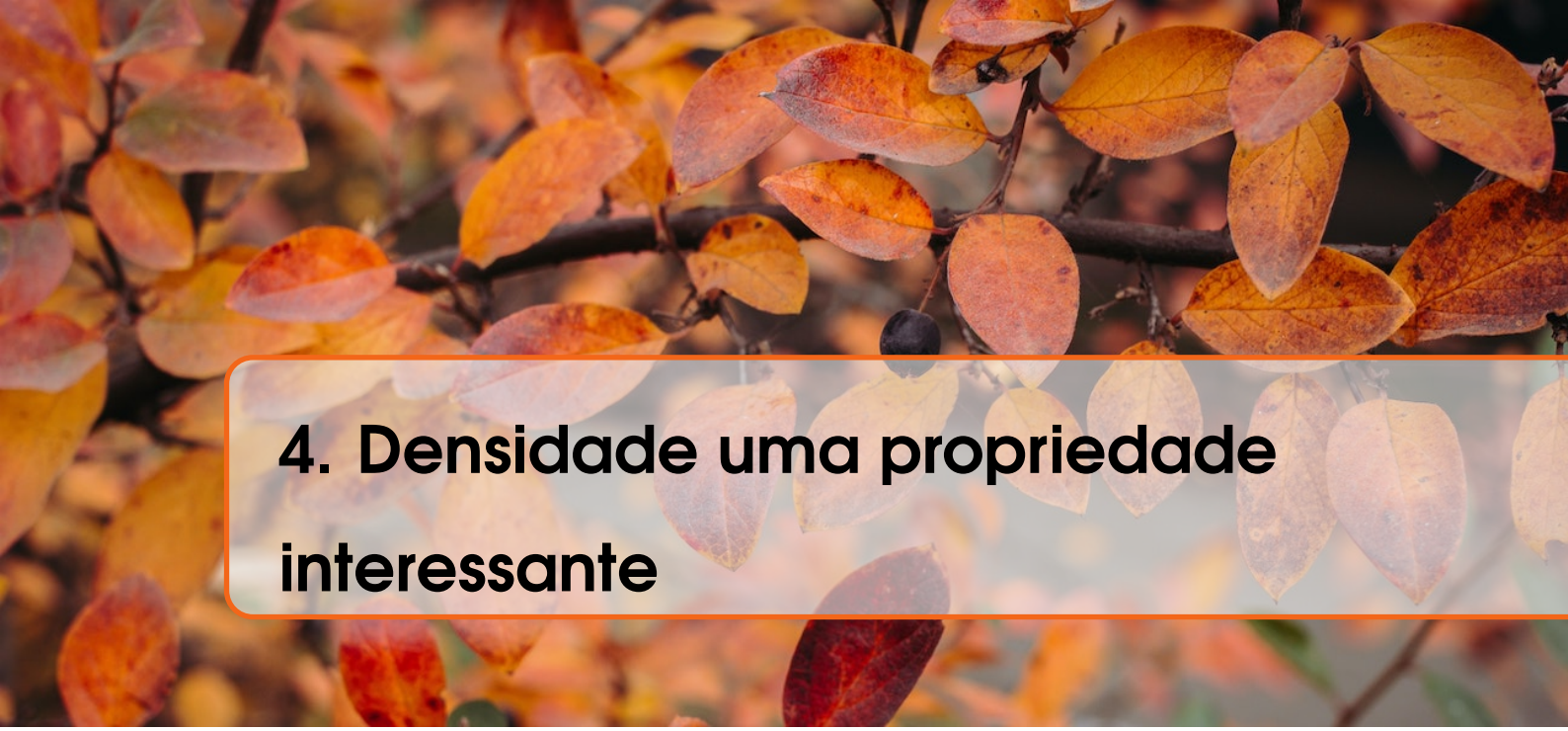
## 3.5 Contando a história da unidade de massa atômica

A substância hidrogênio foi descoberta pelo químico inglês Cavendish (1731 - 1810) e, desde sua descoberta, os químicos perceberam que ele era um gás muito leve. Quando as primeiras relações de massas começaram a ser estabelecidas, os químicos atribuíram a seu átomo o valor unitário. No começo, os químicos não conseguiam diferenciar o átomo de hidrogênio (H) da molécula de hidrogênio, que é formada por dois átomos ($H_2$). A molécula é o que existe na natureza. Quando as diferenças de massa atômica e massa molecular foram sendo estabelecidas, o átomo de hidrogênio passou a ser o padrão de massa atômica, sendo igual a 1 u (Unidade de Massa Atômica). No entanto, o oxigênio era o elemento mais presente nas substâncias, o que facilitava estabelecer relações de sua massa com a dos outros elementos, com os quais reagia. Assim, a massa atômica deste elemento passou a ser usada como padrão de massas. Esse padrão provocou muitas discordâncias entre físicos e químicos, por uma série de razões técnicas. Para resolver este dilema, foi estabelecido pela IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada, sigla do nome em inglês) em 1961 que o padrão de massa seria o carbono-12, ou seja, o isótopo do elemento carbono que passaria a ter massa atômica 12,0000 u. Não esqueça que as medidas das grandezas físicas são feitas sempre em relação a um padrão.

**Vamos pensar juntos?**

1. Qual a diferença entre constituinte químico e elemento químico?
2. Qual a diferença entre molécula, substância e material?
3. Qual a diferença entre número atômico, massa atômica, massa molecular e mol?
4. Ao reagirmos quantidades diferentes de um mol os produtos serão formados em quantidades proporcionais aos reagentes. Ao colocarmos 10 g, uma colher de sopa, de fermento químico, $NaHCO_3$, quantas gramas serão formadas de $CO_2$?
5. (Desafio) Analisando a equação de decomposição do fermento em pó, será que você conseguiria explicar por que o bolo cresce ao ir para para o forno?

■



# 4. Densidade uma propriedade interessante

Por que as propriedades de uma substância (macrossistema) são decorrentes das características do constituinte químico (microssistema) que a constitui?

## 4.1 O que é a densidade?

Como já foi mencionado, uma substância é constituída por um único constituinte químico, seja atômico, molecular, metálico ou iônico (no caso, o par de íons negativo e positivo). Isso faz com que as substâncias tenham propriedades bem definidas que são características de cada uma delas. Por meio das propriedades das substâncias, podemos identificar a constituição da matéria, ou seja, de que constituintes químicos ela é formada. Vejamos como.

Você, sem perceber, usa as propriedades das substâncias para fazer separações. Por exemplo, ao separar o lixo para a reciclagem, você separa o papel do vidro, dos metais, dos plásticos. Propriedades como dureza, flexibilidade, cor e brilho, que você usa para separar esses materiais, são visíveis a olho nu. No entanto, para perceber a maioria das propriedades, é necessário usar instrumentos ou realizar experimentos.

Você já se perguntou por que o Zepelim flutua, por que bexigas cheias com hidrogênio sobem no ar, por que o gelo boia sobre a água líquida, por que troncos de árvores pesadíssimos boiam e um simples preguinho afunda na água? Esses fenômenos estão relacionados com a propriedade densidade das substâncias ou materiais, que é

determinada por meio de experimentos ou instrumentos.

Antes de continuar, é importante frisar que, na natureza e mesmo nos objetos industrializados, é raro encontrar algo constituído por uma única substância. Geralmente, os materiais, como, madeiras, vidros, rochas e o corpo humano, são compostos por várias substâncias, esses materiais têm valores de densidade característicos que resultam das densidades das substâncias que os constituem.

Se você pegar uma garrafa de um litro, enchê-la com água, pesar e depois descontar a massa da garrafa, verá que a massa da água é 1 kg ou 1.000g. Quando você enche a mesma garrafa com óleo de cozinha e pesa, verificará que a massa do óleo é bem menor, cerca de 910 g. O que isso significa? Significa que a densidade do óleo é menor do que a da água.

A densidade de uma substância ou de um material é dada pela massa desses, contida em um determinado volume e expressa pela fórmula:

$d = \frac{m}{v}$.

A densidade da água, usada como padrão, é de 1 kg/L ou 1 g/mL. A densidade de líquidos varia muito pouco com a temperatura e a pressão, enquanto a de gases varia muito, neste caso, é importante mencionar a temperatura e a pressão na qual a medida é feita. A densidade pode ser calculada através da medida do volume e da pesagem do material analisado; no entanto, existem instrumentos chamados densímetros que medem diretamente a densidade de um líquido.

Agora vamos raciocinar quimicamente: o que pode causar a diferença de densidade entre duas substâncias? Considerando o mesmo volume, se uma substância pesa mais, é porque suas partículas são mais pesadas ou há um maior número delas naquele volume, ou ambas as coisas. Concorda?

**Vamos pensar juntos?**

1. Temos dois recipientes idênticos, em um colocamos 3 mols de água, no outro 1 mol de etanol $C_2H_6O$. Qual deles pesa mais? Em qual deles o número de partículas, no seu interior, é maior? Qual recipiente é mais denso?

■

Voltando à pergunta: por que uma bexiga cheia de hidrogênio sobe para o céu quando é solta, enquanto uma bexiga cheia de ar ou soprada cai?

A densidade da substância hidrogênio ($H_2$) é cerca de 0,09 g/L, a do ar atmosférico é de 1,3 g/L e a do $CO_2$ é 1,98 g/L, medidas à pressão de uma atmosfera e aproximadamente 25°C. No caso dos gases, temos que considerar que o número de partículas em um determinado volume é aproximadamente o mesmo (veremos porque no próximo texto), o que significa que a diferença na densidade é devido às massas moleculares. O hidrogênio é uma substância, enquanto o ar é uma mistura de substâncias gasosas com massas moleculares maiores do que a do hidrogênio, logo mais densas que o hidrogênio. Assim, a bexiga cheia com hidrogênio tende a subir amparada pelo ar atmosférico.

Quando sopramos uma bexiga, o teor de $CO_2$ é maior do que no ar atmosférico, logo, ela se torna mais densa do que este e cai no chão. Observação: neste raciocínio, não consideramos o peso do balão. Quando enchemos a bexiga com o ar atmosférico, ela também cai no chão, uma vez que, além do ar, há também o peso da própria bexiga.

E o zepelim? Ele possui um grande reservatório cheio de hidrogênio, cuja densidade é muito menor (cerca de 14 vezes) do que a do ar, o que compensa todo material, mais denso, que constitui a aeronave. E assim, ele flutuava.

Esse é também o caso dos navios. Eles boiam porque, além do casco ser feito de madeira, que é menos densa que a água, possuem em seu interior um espaço muito grande que contém apenas ar, cuja densidade é quase mil vezes menor do que a da água do mar. E o gelo, por que ele boia na água líquida? Ambos são constituídos pelas mesmas moléculas, logo a diferença deve estar no número de moléculas em um dado volume, o que significa que, na água líquida, as moléculas devem estar mais próximas do que no gelo. A água é uma exceção, pois, em geral, os sólidos são mais densos do que os líquidos.

E a madeira? Ela é constituída por moléculas muito maiores do que as da água, logo com massas moleculares também muito maiores.

A explicação é que, na madeira, essas moléculas estão bem mais afastadas do que na água, e assim, em um mesmo volume, há um número muito menor de moléculas do que na água. (As explicações para a aproximação das moléculas serão vistas no

próximo texto). A densidade é uma propriedade da matéria, o que a torna útil para a identificação de substâncias e materiais.

**Curiosidade**

Wikimedia Commons / Juniorpetjua

LZ 129 Hindenburg no Recife, em Pernambuco. Recife foi a primeira cidade da América do Sul a ter uma estação para dirigíveis, a Torre do Zeppelin, única estrutura do seu tipo ainda de pé no mundo.

Os zepelins desenvolvidos por Ferdinand von Zeppelin, no início do século XX, eram grandes balões dirigíveis, inicialmente sustentados por hidrogênio, e utilizados para voos longos e viagens internacionais. Durante a Primeira Guerra Mundial, esses dirigíveis rígidos ganharam popularidade e passaram a ser chamados de "zepelins". Na primeira viagem de um Zepelim para o Brasil, ele pousou no Recife no dia 22 de maio de 1930, seguindo depois para o Rio de Janeiro. Partindo da Alemanha o voo levava cerca de 3 dias para chegar ao Brasil. Após a explosão do dirigível Hamburgo devido ao hidrogênio, o gás hélio passou a ser utilizado. Posteriormente, os "zepelins"foram substituídos por aviões mais rápidos e seguros

**Vamos pensar juntos?**

1. Consulte a tabela na sequência, e descubra por que quando os navios jogam petróleo em alto-mar este chega às praias. Por que é mais fácil boiar no mar que nas lagoas?
2. Quando, ao boiarmos, respiramos fundo, nosso corpo sobe para a superfície da água. Explique.

■

A densidade tem várias aplicações. No cotidiano, por exemplo, para o controle do álcool adicionado à gasolina, para a separação dos vários tipos de plásticos enviados para a reciclagem, e muito mais.

A prova de flutuabilidade é uma das formas que um reciclador utiliza para identificar a densidade de plástico. Materiais plásticos como o polietileno e o polipropileno têm densidade abaixo de 1 g/cm$^3$, sendo assim menos densos do que a água, o que os faz flutuar. Já plásticos como PET e PVC possuem densidade maior que a da água, portanto afundam. Utilizando-se, além da água, soluções salinas com cloreto de sódio e alcoólicas com etanol, que possuem diferentes densidades, é possível fazer a separação de vários tipos de plásticos. Vejamos a densidade de algumas substâncias e materiais.

| Substância/Material | Densidade g/cm$^3$ ( g/mL) | Substância/Material | Densidade g/cm$^3$ ( g/mL) |
|---|---|---|---|
| Água líquida | 1 | Prata | 10,5 |
| Gelo | 0,91 | Chumbo | 11,4 |
| Álcool absoluto | 0,79 | Ouro | 19,3 |
| Petróleo | ± 0,85 | Ferro | 7,8 |
| Acetona | 0,80 | Zinco | 7,1 |
| Vidro | ± 2,6 | Ar | ± 0,0013 |
| Madeira1 | ± 0,6* | Água do mar | ± 1,03 |
| Mercúrio | 13,6 | Água do Mar Morto | ± 1,13 |
| Alumínio | 2,7 | Corpo humano | ± 1,07 |

As madeiras têm densidades muito variáveis. As mais claras são as menos densas.

**Curiosidade**

Todo mundo conhece o isopor, nome comercial para o polímero poliestireno expandido. Ele é constituído de 92% de ar atmosférico que fica aprisionado nos 8% do polímero. É a existência dessa grande quantidade de ar que o torna um bom isolante térmico e, ao mesmo tempo, pouco denso. Por isso, é muito usado em caixas para manter gelados alimentos e bebidas. O isolamento térmico se dá porque o ar é um mau condutor de calor. A baixa densidade você já sabe explicar a razão. Polímero é uma molécula muito grande formada por várias (poli) muito pequenas, quase sempre iguais. Os plásticos são constituídos por polímeros.

**Vamos pensar juntos?**

1. Qual a diferença entre pesar e medir a densidade?
2. Qual o princípio de uma análise química?
3. Qual a massa contida em 200 mL de um líquido com densidade igual a 1,5 g/mL

**Desafio:**

– Pesquise na internet sobre o modelo antigo de densímetros de bolas utilizados em postos de gasolina e explique o princípio de funcionamento deles.

– Usando água, álcool e soluções salinas de sal de cozinha em água, identifique os diferentes tipos de plásticos que você tem em casa. Corte pedaços pequenos, que caibam em um copo, de uma garrafa de refrigerante, garrafa d'água, copo descartável, isopor e o que mais você conseguir, e lave para retirar possíveis sujeiras. Coloque todos em um copo com água e agite. Quando a agitação cessar, veja que alguns pedaços boiaram e outros afundaram. Separe os dois grupos. Os que afundaram têm densidade maior do que a da água. Os que boiaram têm densidade menor. Coloque os que boiaram em um copo com álcool 46 INPM, que tem densidade de 0,93 g/mL e é uma solução de 46 g de álcool em 100 g de solução. Separe como no primeiro caso. Se mais de um pedaço boiar, coloque-os em álcool 70 INPM, que tem 70 g de álcool em 100ml de solução e densidade de 0,87 g/mL. Talvez alguns dos plásticos se dissolvam neste álcool.

– Os plásticos que afundaram serão separados por uma solução de sal em água. Coloque os plásticos no copo com água e pegue uma colher de sopa de sal e adicione lentamente à água sob agitação. À medida que os plásticos forem flutuando, coloque-os em ordem de flutuação. Os que flutuarem primeiro têm densidade menor.

  Caso dois ou mais pedaços ainda estejam no fundo do copo, adicione mais sal. Vai chegar um momento em que o sal não se dissolve mais na água. A densidade máxima dessa solução é 1,2 g/mL.

– Coloque os plásticos na ordem crescente de densidade e veja se você consegue identificá-los usando a tabela a seguir.

Você encontra uma aula sobre essa identificação em:

https://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=6882.

| Substância | Utilidade | Densidade (g/mL) |
|---|---|---|
| PET (politereftalato de etila) | Garrafas de refrigerante | 1,30-1,40 |
| PAC (poliacrilato) | Portas e móveis | 1,17-1,20 |
| PVC (policloreto de vinila) | Tubos d'água | 1,16-1,58 |
| PA (poliamida) | Tecidos | ∼1,13 |
| PS (poliestireno) | Copos descartáveis | 1,04-1,08 |
| PEAD (polietileno de alta densidade) | Garrafas de água e suco | 0,96-0,97 |
| PEBD (polietileno de baixa densidade) | Sacolas supermercado | 0,92-0,94 |
| PP (polipropileno) | Seringas | 0,90-0,91 |
| EPS (isopor) | Caixas térmicas | ∼0,1 |

# 5. Estados Físicos da Matéria

Como todos sabemos, os estados físicos da matéria, a princípio, são três: sólido, líquido e gasoso. (Por que a princípio? Veremos isso nas curiosidades.) As substâncias, ao passarem de um estado para outro, não têm a estrutura de seus constituintes químicos alterada; caso contrário, seria uma transformação da matéria, ou seja, uma reação química e não apenas uma mudança de estado físico.

A pergunta que surge é: como uma mesma substância pode ser sólida, líquida ou gasosa? Qual a diferença entre essas situações? Por que existem materiais sólidos, líquidos e gasosos nas condições ambientais? Vamos entender respondendo a várias perguntas.

## 5.1 Por que não conseguimos ver o ar?

O ar existe concretamente, logo, é matéria. Ao se deslocar, tem uma força enorme! Uma prova disso são as destruições causadas pelos ciclones, pelas ventanias que destelham casas, derrubam árvores e muito mais.

As partículas que constituem o ar atmosférico são moléculas com poucos átomos (não são íons) e átomos de argônio. As principais moléculas são $O_2$, $N_2$ e $CO_2$. Essas partículas formam substâncias gasosas, ou seja, são substâncias que estão na forma de gás na temperatura e pressão do ambiente.

Outros gases existentes são, por exemplo, o metano ($CH_4$), o etano ($C_2H_6$), o

cloro ($Cl_2$), o flúor ($F_2$), o monóxido de carbono (CO) e os gases nobres, que são átomos isolados. Como você pode notar, as substâncias gasosas são constituídas por um único átomo ou por moléculas com poucos átomos.

Além de serem pequenas, as moléculas dos gases têm outra característica: seus átomos estão distribuídos na molécula de forma simétrica, indicando que, além da constituição atômica, a organização dos átomos na molécula é muito importante para determinar as propriedades das substâncias.

Essa simetria das moléculas nas substâncias gasosas faz com que não existam nelas partes (polos) negativas e, consequentemente, positivas, ou seja, seus elétrons estão uniformemente distribuídos na molécula. Diz-se, então, que a molécula é apolar. Esses polos surgem devido à existência de átomos que atraem mais os elétrons, que fazem as ligações, do que outros. Devido à organização desses átomos nas moléculas, ou seja, devido à estrutura da molécula surgem polos positivos e negativos. A existência de partes positivas e negativas nas moléculas é a responsável pelas atrações moleculares. Assim, as moléculas das substâncias gasosas são apolares e, por isso, não exercem atração umas sobre as outras, mantendo-se afastadas. Uma prova disso é a baixa densidade dos gases.

Ao observarmos a densidade do ar, percebemos que ela é cerca de mil vezes menor do que a da água. Isso significa que o ar contém mil vezes menos matéria do que a água em um mesmo volume. Dessa forma, as moléculas que constituem a mistura do ar atmosférico estão muito mais afastadas do que as moléculas da água, já que elas têm aproximadamente o mesmo tamanho. Na matéria, esteja ela no estado sólido, líquido ou gasoso, seus constituintes — átomos, moléculas ou íons — estão em constante movimento. O movimento aleatório das moléculas nos gases faz com que um mol ($6,022 \times 10^{23}$ moléculas) ocupe o volume aproximado de 25 L quando submetido a 1 atm e 25°C.

Resumindo, os gases são constituídos por moléculas cujas forças atrativas e repulsivas entre elas são desprezíveis, assim elas estão em um movimento contínuo e aleatório. Esse movimento faz com que as moléculas ocupem todo o volume no qual estão contidas. O volume de cada molécula de um gás é desprezível em comparação ao volume que o gás ocupa. Dessa forma, o número de constituintes químicos, átomos ou moléculas, em um mesmo volume de um gás será sempre igual.

Reforçando, a estrutura molecular é o que determina as propriedades das substâncias no mundo macroscópico.

**Vamos pensar juntos?**

1. Você sabe agora por que não vemos o ar? Explique.

## 5.2 Por que um balão sobe?

Ao colocar uma bexiga murcha no bico de uma chaleira, fechar bem sua tampa, e colocar no fogo, sem nada dentro a não ser ar, você vai perceber que a bexiga começa a encher. Isso significa que o ar, ao ser aquecido, se expande, ocupando mais espaço no ambiente, devido à maior movimentação de suas partículas. Ao desligarmos o fogo, a bexiga murcha. Essas observações nos mostram que o volume de um gás aumenta com a temperatura. Esse é o princípio que faz os balões de São João subirem ao céu.

Certamente você não soltou balão no São João, uma vez que eles estão, corretamente, proibidos há bastante tempo. Fazer e soltar balão era uma das atividades mais divertidas das festividades juninas. Esses balões, feitos de papel de seda, tinham várias formas, como cilíndrica, esférica, ovalada, entre outras. Na parte de baixo, os balões tinham uma abertura onde era colocada a tocha e, em cima, outra abertura menor, a boca do balão. Segurava-se o balão por cima, acendia-se a tocha e em poucos minutos, sem que ninguém o empurrasse, ele começava a subir e, se fosse bem-feito, subia até perdermos de vista. Por que ele sobe?

As moléculas do ar, presentes no interior do balão, ao receberem a energia térmica, a transforma em energia cinética e as partículas aumentam a intensidade de seus movimentos e começam a sair do interior do balão pela boca, diminuindo a massa no interior dele. Com isso, o balão torna-se menos denso que o ar à sua volta e sobe.

Soltar balão é um experimento que contribui para nós entendermos o comportamento das substâncias gasosas. Infelizmente, um balão malfeito ou uma árvore no meio do percurso podem rasgar o balão e fazer com que ele caia ainda com a tocha acesa, provocando incêndios. Daí a proibição.

Wikimedia Commons / Webysther (C.C. 4.0)

Balões em Boituva - SP. Balões grandes são, hoje, permitidos. Eles levam pessoas e são usados em passeios turísticos, possibilitando uma visão aérea de belas paisagens. Os mais famosos são os da Capadócia, na Turquia, que permitem a observação das famosas formações rochosas da região. Também, é possível flutuar nesses balões no Brasil. O princípio que os faz flutuar é o mesmo dos balões juninos.

No final do século XVIII, pesquisadores estabeleceram a Lei de Charles que propõe: "Mantendo-se a pressão constante, o volume de um gás aumenta com o aumento da temperatura". Por isso, quando informamos a densidade de um gás, devemos especificar a temperatura na qual ela foi medida.

**Curiosidade**

Wikimedia Commons / Magnus Manske

Jacques Alexandre César Charles (1746 - 1823) foi um matemático, físico e inventor francês conhecido por suas contribuições significativas à ciência dos gases. Ele é mais famoso por formular a Lei de Charles (por volta de 1787), que descreve a relação entre o volume e a temperatura de um gás quando a pressão é constante. Juntamente com Nicolas Robert, foi o primeiro homem a voar num balão de hidrogênio (1783). Disponível em: https://rce.casadasciencias.org/rceapp/pdf/2014/237/

**Vamos pensar juntos?**

1. Quando colocamos um recipiente, que contenha ar, bem fechado na geladeira, para abri-lo, ao retirar da geladeira, necessitamos esquentá-lo. Considerando que para um volume constante a pressão aumenta com a temperatura (Lei de Charles e Gay-Lussac), explique o observado.

## 5.3 Afinal, o gás de cozinha é um gás ou um líquido?

No século XVII, vários filósofos tentavam entender o ar atmosférico. Entre eles, Boyle, que, como atomista, acreditava que a matéria é constituída por pequeníssimas partículas e que entre elas nada havia, ou seja, havia vácuo. Tentando construir uma bomba a vácuo, Boyle descobriu que o volume de um gás varia com a pressão e propôs a seguinte lei dos gases: "Mantendo-se a quantidade e a temperatura constantes de um gás o volume varia inversamente com a pressão exercida sobre ele".

O GLP, Gás Liquefeito de Petróleo, ou gás de cozinha, é constituído por substâncias gasosas, gases nas condições ambientes, que no botijão estão sob a forma líquida devido a um aumento da pressão exercida sobre eles. Quando abrimos a válvula do botijão, o líquido, ao passar para a pressão ambiente, volta a ser gás.

A vantagem da compressão é que podemos armazenar 13kg de gás em um volume que pode ser transportado facilmente. Essa massa de gás, nas condições normais de temperatura e pressão, ocuparia um volume de cerca de 8.000 L ou 8 $m^3$. Já pensou carregar um botijão desse tamanho? No caso do GLP, a pressão é tão alta que o gás muda de estado, passando a líquido, em função da aproximação das moléculas.

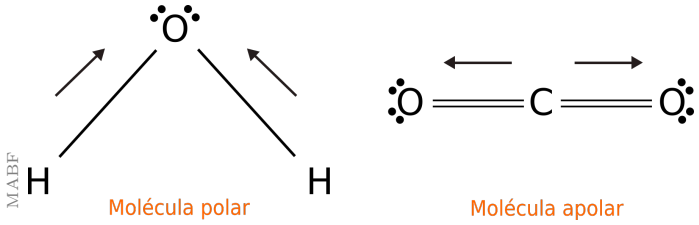
Isso nos evidencia que a diferença entre o estado gasoso e o líquido é a proximidade das moléculas.

## 5.4 Por que a água é líquida?

Se analisarmos a fórmula molecular da água ($H_2O$), vemos que ela é tão pequena quanto a dos gases. Por que ela é líquida?

O átomo de hidrogênio tem apenas um elétron; logo, ele só pode fazer uma ligação. Na água, ele se liga ao átomo de oxigênio. A organização dos três átomos na molécula de água pode ocorrer de duas formas: os núcleos dos três átomos estão em linha reta ou formam um ângulo, com o oxigênio no vértice e os dois hidrogênios nas extremidades.

Essa última proposta surgiu devido às propriedades da substância água, que indicavam que suas moléculas deveriam ser polares, com o polo negativo no oxigênio e polos positivos menos intensos distribuídos pelos dois hidrogênios. Se estivessem em linha reta, não haveria formação de polos negativo e positivo, pois os elétrons das ligações se distribuiriam de forma homogênea pela molécula, como ocorre no $CO_2$, e a água seria um gás.



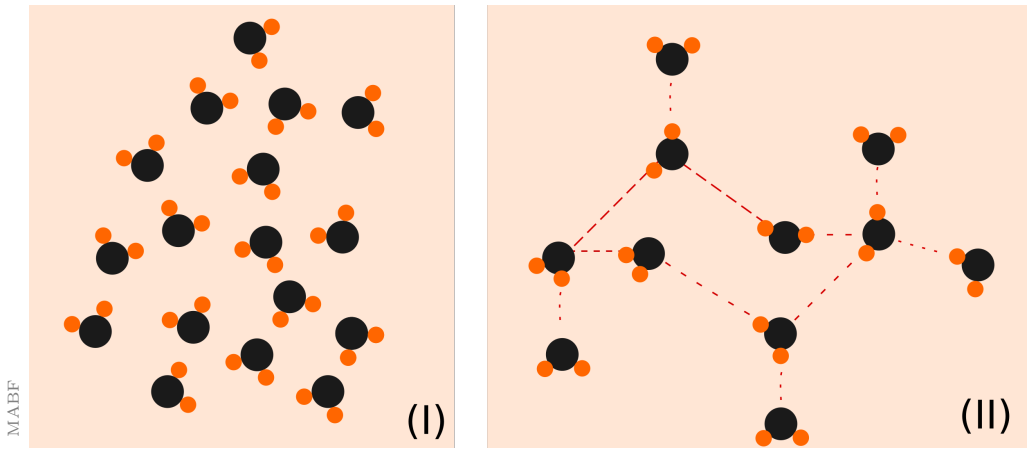

Os dipolos são frequentemente representados por setas, cujo sentido, do polo positivo para o negativo, indica o deslocamento dos elétrons. A polaridade de uma molécula é determinada pela soma dos dipolos, ou seja, pela soma vetorial dessas setas, que representam vetores, com direção e sentido, como visto em matemática. No caso do $CO_2$, os dipolos possuem a mesma intensidade, com setas de tamanhos iguais, mas em sentidos opostos, portanto, a soma vetorial é nula.

A polaridade da molécula de água faz com que elas se atraiam. Essa atração ocorre entre o oxigênio negativado e os hidrogênios de outra molécula e é chamada de ligação de hidrogênio. O oxigênio, devido ao maior número de prótons no núcleo, atrai mais os elétrons que formam as ligações entre ele e os hidrogênios. Assim, o oxigênio torna-se negativado, enquanto os hidrogênios ficam positivados.

Os líquidos são, portanto, constituídos por moléculas pequenas e polares ou por moléculas maiores com baixa polaridade, como as do biodiesel. Em função disso, nos líquidos à temperatura ambiente, as moléculas se agitam, ora aproximando-se, ora afastando-se, mas raramente saem do meio líquido, diferenciando-se dos gases. Assim, os gases ocupam todo o recipiente que os contêm, tomando a sua forma. Os líquidos tomam a forma do recipiente que os contêm, mas ocupam o espaço de acordo com sua quantidade. O único metal líquido, o mercúrio, é o líquido mais denso. Sua densidade é de 13,6 g/mL.

## 5.5 Por que o gelo flutua sobre a água líquida?

Como vimos, a diferença entre líquidos e gases está na proximidade das moléculas. No caso dos sólidos, essa aproximação é ainda maior, tornando-os mais densos no estado sólido do que no líquido. A água é uma exceção. No estado sólido, as moléculas da água assumem uma organização espacial em que os átomos de oxigênio formam ligações intermoleculares com os hidrogênios de outras moléculas. Nessa situação, as moléculas estão mais afastadas do que no estado líquido, tornando o gelo menos denso que a água, como ilustram os desenhos a seguir.




Bolas pretas representam o átomo do oxigênio e as laranjas os de hidrogênio. (I) representa a água no estado líquido e (II) representa o gelo, água no estado sólido.

As ligações de hidrogênio são mais fracas que as ligações covalentes entre oxigênio e hidrogênio de uma mesma molécula. Assim, no gelo, quando a temperatura aumenta e atinge zero graus Celsius, a agitação das moléculas se intensifica, rompendo as ligações de hidrogênio, e a água passa para o estado líquido.

**Vamos pensar juntos?**

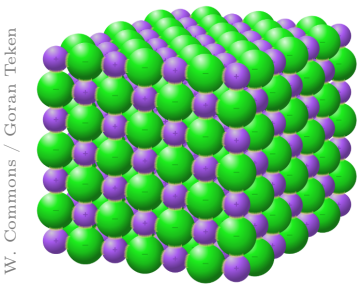
1. Quando colocamos um recipiente de vidro, plenamente cheio de água, no congelador, este recipiente pode quebrar. Explique

■

## 5.6 Substâncias sólidas podem ser moleculares, iônicas ou metálicas

Os metais constituem a maioria dos elementos conhecidos: são sólidos à temperatura ambiente, exceto o mercúrio, que é líquido, e o gálio, que pode se tornar líquido em torno de 30°C. Em geral, os metais possuem alta densidade. O raro metal ósmio é o elemento de maior densidade (22,61 g/cm$^3$ e massa atômica 190,23 u), enquanto o lítio é o menos denso (0,54 g/cm$^3$ e massa atômica 6,94 u), sendo o único metal com densidade menor que a da água. A alta densidade dos metais reflete não só sua massa atômica, mas também a proximidade de seus átomos.

As substâncias iônicas são sempre sólidas, devido à forte atração entre íons positivos e negativos, que formam uma rede cristalina através da alternância de íons negativos e positivos, como no caso do cloreto de sódio.




Representação da rede cristalina do cloreto de sódio, NaCl. As esferas verdes representam os íons cloreto, $Cl^-$, e as esferas roxas, os íons sódio, $Na^+$.

As substâncias moleculares sólidas, à temperatura ambiente, são em sua maioria polares. O polo positivo de uma molécula atrai o polo negativo de outra, promovendo sua aproximação. Entretanto, há exceções, como a parafina, que compõe as velas e é formada por moléculas apolares. Ainda assim, essas substâncias passam para o estado líquido a temperaturas ligeiramente superiores à ambiente.

A maioria das substâncias sólidas forma cristais, o que exige que seus constituintes se organizem de maneira ordenada, como no caso da água. Em resumo, devido à atração entre moléculas, íons ou átomos, as substâncias podem se apresentar nos estados gasoso, líquido ou sólido. Em todos esses estados, os constituintes estão em movimento, sendo que a energia cinética (movimento) é maior no estado gasoso e menor no sólido.

A energia cinética das partículas depende diretamente da temperatura. Com o aumento da temperatura, o movimento das partículas de um sólido se intensifica, levando ao afastamento das mesmas e à transição para o estado líquido. Com um aumento ainda maior da temperatura, a substância passa para o estado gasoso. Quanto maior a temperatura, maior o movimento e a distância entre as partículas. Dessa forma, os gases se expandem e ocupam volumes cada vez maiores.

**Vamos pensar juntos?**

1. Explique com suas palavras a diferença entre os três estados da matéria.
2. A compressibilidade dos gases evidencia qual característica da matéria?
3. Explique com suas palavras o que é uma molécula polar.

**Curiosidade**

Alguns líquidos tendem a formar estados intermediários entre o líquido e o sólido. Esses estados são decorrentes da organização das moléculas, que estão suficientemente afastadas, mas se encontram organizadas de maneira a apresentar algumas propriedades tanto de líquidos quanto de sólidos. É o caso dos cristais líquidos, que, em função de suas propriedades eletro-óticas, são usados em letreiros luminosos, relógios digitais e telas de televisão. Do ponto de vista da ciência básica, esses materiais levantam questões fundamentais que nos ajudam a compreender em mais detalhes a estrutura da matéria. Trata-se de uma área de pesquisa extremamente motivadora e excitante.

**Desafio**

– Coloque água em um copo transparente e deixe-a repousar por um minuto para garantir que esteja totalmente em repouso. Em seguida, adicione duas ou três gotas de um líquido colorido solúvel em água (como café, vinho, suco de uva etc.) suavemente sobre a superfície da água, sem agitar. Observe o que acontece. Como você explica o que aconteceu, levando-se em consideração que a água não foi agitada? Quais propriedades da matéria você consegue deduzir desta experiência?

# 6. Mais Propriedades da Matéria

FALAREMOS agora de mais propriedades da matéria: ponto de ebulição, ponto de fusão, volatilidade e solubilidade.

## 6.1 Que cheiro é este?

As pessoas interagem com o mundo por meio dos sentidos. Eles nos fornecem informações que são processadas pelo nosso cérebro, resultando nas diversas sensações. Entre os cinco sentidos — tato, audição, visão, paladar e olfato — os dois últimos são desencadeados por substâncias químicas que, ao se ligarem diretamente aos nossos receptores biológicos, produzem as sensações de gosto e cheiro. Substâncias que podem causar essas sensações possuem características organolépticas.

O olfato é, de certa forma, o sentido menos valorizado em relação aos demais. No entanto, o cheiro é uma sensação fundamental para a sobrevivência dos seres vivos. No reino animal, e até no vegetal, indivíduos de uma mesma espécie se comunicam através de substâncias capazes de provocar sensações em indivíduos da mesma espécie. Assim se comunicam as formigas e até mesmo as plantas. Algumas plantas, quando atacadas por insetos, liberam substâncias de alarme que, ao serem percebidas por outras da mesma espécie, desencadeiam a produção de proteínas de defesa contra o agressor.

Atraídos pelo cheiro que se espalha pela atmosfera por quilômetros, insetos, pássaros e morcegos polinizadores aproximam-se das plantas e, guiados pela cor, encontram o alimento que procuram. Ao pousarem em diversas plantas, acabam por fecundá-las. A fecundação se dá pela transferência do pólen, gameta masculina, para o estigma, parte feminina, das flores de uma mesma espécie.

Wikimedia Commons / Mbz1 C.C. 3.0 GNU

Polinização pela abelha carpinteira.

Por meio do cheiro e do sabor, nossos ancestrais selecionaram as plantas boas para a alimentação; hoje, é pelo cheiro que detectamos alimentos estragados, ar poluído, água contaminada, gás vazando do fogão e o início de um incêndio. Para que o cheiro de uma substância seja percebido, ela precisa estar presente no ar que respiramos e alcançar nossos receptores olfativos.

Os gases atmosféricos, assim como a água, que está presente no ar, são substâncias inodoras, felizmente. A maioria das substâncias que provocam cheiro é líquida, ou até mesmo sólida. Como explicar que elas estejam no ar? Para isso, elas precisam ser voláteis. Para compreender a volatilidade, devemos primeiro entender como as substâncias mudam de um estado da matéria para o outro.

## 6.2 Explicando os Pontos de Fusão e de Ebulição

Por que o oxigênio funde a -218 °C, o sal a 801 °C, a água a zero e o ouro a 1064 °C?

Como vimos no texto anterior, a diferença entre os estados da matéria se deve à força de atração entre as partículas. No estado sólido, a atração é mais forte e os movimentos são menos intensos do que no estado líquido, o que faz com que as

partículas estejam mais agregadas. Já no estado gasoso, não há atração entre as partículas, e seus movimentos são mais intensos, permitindo que se espalhem por todo ambiente. Para que uma substância passe do estado sólido para o líquido, e deste para o gasoso, é preciso fornecer energia térmica, o que aumenta a vibração das partículas.

A temperatura na qual uma substância passa do estado sólido para o líquido é chamada de ponto de fusão (PF). Essa temperatura é constante e, portanto, uma propriedade específica de cada substância. O PF não sofre grandes variações com a pressão. A temperatura de fusão é a mesma da solidificação, ou seja, da passagem do estado líquido para o sólido. Uma vez no estado líquido, é preciso fornecer energia para que a substância passe para o estado gasoso. A temperatura em que a substância entra em ebulição é chamada de ponto de ebulição (PE). O PE também é uma característica constante das substâncias, mas, como depende da pressão à qual a substância está submetida, é necessário indicá-la. Quando não há indicação, subentende-se que a pressão é de 1 atm.

Tanto o ponto de fusão (PF) quanto o ponto de ebulição (PE) são propriedades utilizadas para identificar uma substância.

**Vamos pensar juntos?**

1. Você consegue justificar porque o ponto de fusão de uma substância é uma característica constante de uma substância?

■

Como mostrado na Tabela a seguir, os PF e PE do oxigênio são muito inferiores aos da água, enquanto os do sal e do ouro são significativamente superiores.

| Substância | PF/°C | PE/°C | Substância | PF/°C | PE/°C |
|---|---|---|---|---|---|
| Hidrogênio | - | -259 | n-octano* | -37 | 126 |
| Hélio | -272 | -269 | Água* | 0 | 100 |
| Oxigênio | -218 | -183 | Benzeno* | 5,5 | 80 |
| Nitrogênio | -210 | -196 | Naftaleno* | 80 | 218 |
| Propano | -188 | -42 | Iodo* | 114 | 184 |
| Metano | -183 | -163 | AAS* † | 135 | 140 |
| Etanol* | -114 | 78,5 | NaCl | 801 | 1413 |
| Mercúrio* | -39* | 234 | Ouro | 1064 | 3080 |

* Substâncias voláteis; † Ácido Acetil Salicílico.

Essas diferenças nos pontos de fusão (PF) e ebulição (PE) resultam das distintas estruturas das partículas submicroscópicas das substâncias. Como já vimos, no caso do oxigênio, as moléculas são apolares, sem atração significativa entre elas. Já a estrutura metálica do ouro é formada pela união de vários átomos através de vários elétrons. O sal de cozinha, o cloreto de sódio, possui uma estrutura iônica, em que íons positivos e negativos formam redes cristalinas, com os íons negativos cercados por positivos e vice-versa, o que gera uma atração mais forte do que entre moléculas polares, como a da água.

Quando fornecemos calor a um sólido, suas partículas começam a se mover mais intensamente, reduzindo a atração entre elas. Ao atingir o ponto de fusão (PF), as partículas estão mais afastadas e agitadas, passando, assim, ao estado líquido.

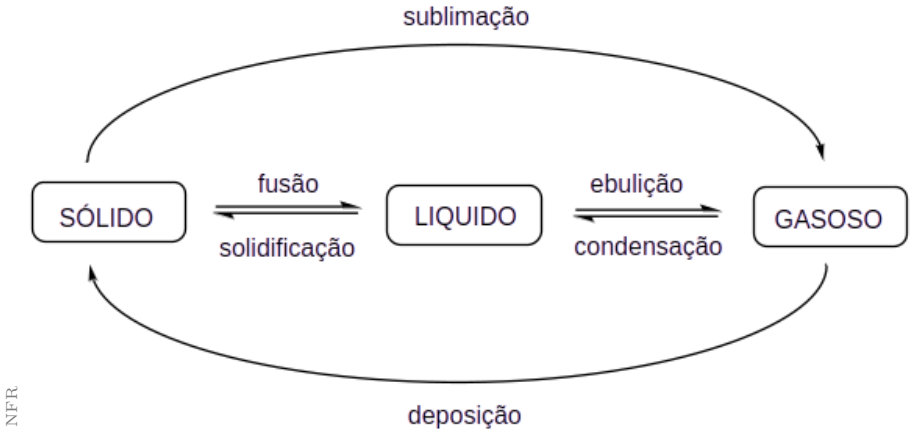
Agora, analisemos a ebulição da água. Ao observar o aquecimento da água, você notará que, após algum tempo, começam a surgir bolhas no fundo da panela. À medida que a temperatura aumenta, essas bolhas crescem e sobem até a superfície, onde se rompem. Essas bolhas são formadas por vapor d'água. Com o aumento da temperatura, o movimento das moléculas se intensifica, aumentando o espaço entre elas, e elas passam para o estado de vapor. Como o vapor é menos denso que a água líquida, as bolhas sobem à superfície. No entanto, para o vapor sair do líquido, é necessário vencer a barreira da pressão atmosférica, no caso de uma panela aberta. A temperatura em que isso ocorre é o ponto de ebulição (PE).

Quando se utiliza uma panela de pressão, a pressão no interior é maior, o que faz com que a temperatura de ebulição da água seja mais elevada. Isso significa que o vapor dentro das bolhas precisa de mais energia para superar a pressão interna da panela. Assim, a temperatura aumenta, permitindo que o alimento cozinhe mais rapidamente.

Você já ouviu falar que a água em La Paz, na Bolívia, ferve a 87 °C? Em La Paz (3700 m de altitude), a pressão atmosférica é de 0,65 atm, e assim a barreira que o vapor d'água precisa vencer é menor, fazendo com que a água entre em ebulição a 87 °C.

O esquema a seguir indica as várias transformações dos estados físicos das substâncias. Como podemos observar, a sublimação é a passagem do estado sólido para o gasoso, sem passar pelo líquido. São raras as substâncias apolares que

apresentam essa propriedade. A mais conhecida é o $CO_2$, que, mantido no estado sólido sob pressão (gelo seco), ao ser exposto à pressão e temperatura ambiente, passa diretamente para o estado gasoso. A densa nuvem formada pelo $CO_2$ é muito utilizada em espetáculos para encenar situações de mistério.




Exemplos de outras substâncias sólidas que passam para o estado vapor a temperaturas ambientes, antes de fundirem, são o naftaleno (naftalina), aquelas bolinhas brancas de cheiro forte colocadas nos armários para espantar traças e baratas, e o iodo. O iodo, $I_2$, é sólido à temperatura ambiente, porém sublima e, ao encontrar uma superfície fria, recristaliza, formando lindos cristais.

## 6.3 Por que penduramos no varal as roupas para secarem?

A volatilidade é a propriedade que algumas substâncias têm de passar do estado líquido para o vapor antes de atingir o ponto de ebulição (PE). É pela volatilidade da água que as roupas molhadas e as poças d'água secam. Quanto mais espalhadas estiverem as roupas e a água da poça, mais rápido elas secam. Por quê?

As substâncias voláteis são constituídas principalmente por moléculas cujas forças de atração entre elas decorrem de polos negativos e positivos, como vimos na estrutura da água, e são relativamente fracas. Substâncias iônicas não são voláteis. O mercúrio, metal líquido, é volátil.

No caso das moléculas, algumas partículas que estão na superfície podem adquirir uma energia cinética maior e, ao se moverem mais, conseguem vencer a barreira da

pressão atmosférica antes de atingir a temperatura de ebulição. Por isso, espalhamos as roupas o máximo possível na corda para secar, de modo que uma maior parte da água esteja em contato com o ar e um maior número de moléculas escape para a atmosfera. Esse é um processo lento. Substâncias sólidas que sublimam são voláteis.

O cheiro gostoso de frutas e de ervas são decorrentes de substâncias moleculares voláteis. Essas substâncias têm moléculas cujo número de átomos de carbono e de oxigênio não é muito maior do que 20 e 3, respectivamente, como o etanol e o benzeno. As substâncias líquidas cujas moléculas têm apenas hidrogênio e carbono são mais voláteis, uma vez que são apolares. Quanto maior a molécula maior a atração entre elas, assim, por exemplo o óleo de soja, cujas moléculas têm mais do que 50 átomos de carbono e seis de oxigênio, não são voláteis. Mas lembre-se: para uma substância ter cheiro, é necessário que ela interaja com os nossos receptores olfativos. A água é volátil e não tem cheiro.

**Vamos pensar juntos?**

1. O óleo de cozinha a princípio é inodoro. Por que sentimos cheiro ao fritar um alimento? Tente justificar.

## 6.4 Por que usamos o etanol anidro em mistura com a gasolina?

O etanol, $CH_3CH_2OH$, é uma substância incrível. É constituído por moléculas polares que interagem com a água através do grupo -OH, formando ligações de hidrogênio com a água e interagem com a gasolina por meio do grupo -$CH_2$-$CH_3$.

A gasolina é uma mistura de substâncias apolares. O etanol dissolve-se infinitamente na água e de forma significativa na gasolina. A solubilidade é a propriedade de uma substância, o soluto, de dissolver-se em um líquido, o solvente. Para isso, é necessário que as forças de atração entre as moléculas do soluto e do solvente sejam suficientemente fortes para compensar as atrações rompidas entre as moléculas do próprio soluto e as do próprio solvente.

É bom lembrar que as atrações estabilizam o sistema. Para serem rompidas, é necessário energia, que virá, então, das interações formadas entre o soluto e o solvente. Um pano umedecido com água, quando se adiciona etanol, esquenta. Isso acontece porque as interações entre as moléculas de álcool e de água são mais fortes do que as interações entre as moléculas de álcool e entre as moléculas de água. Ao solubilizar o etanol em água, há liberação de energia na forma de calor.

O álcool comum obtido, no Brasil, pela destilação do caldo de cana, após fermentação com a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, possui cerca de 8% em massa de água. Retirar essa água para obter o álcool anidro, também conhecido como álcool absoluto, exige uma nova destilação na presença de benzeno. Essa mistura de benzeno e água, ao ser destilada a uma temperatura mais baixa que a do álcool, arrasta a água, e, assim, o etanol anidro destila a 78,5°C.

Quando adicionamos álcool comum à gasolina, a água presente no álcool não se dissolve na gasolina, formando uma fase separada, o que torna o combustível inadequado. Por outro lado, o álcool anidro se dissolve completamente na gasolina.

Existem duas maneiras de se informar o teor alcoólico: em graus GL (Gay Lussac[1]) quando a relação entre o álcool e a água é dada em volume. Essa maneira foi substituída pela graduação em INPM (Instituto Nacional de Pesos e Medidas) que dá a concentração do álcool na água em massas. Por exemplo, o álcool 96,0 GL tem 96% do volume de álcool e 4% do volume de água e equivale a 92,5 INPM que indica que 92,5% da massa é de álcool[2]. Essa diferença ocorre porque a densidade do álcool é 0,79 g/mL, enquanto a da água é 1 g/mL. O álcool 70 INPM corresponde a 77 GL, e o álcool 46 INPM equivale a 54 GL.

Indo para a cozinha e testando a solubilidade do óleo, do sal (NaCl) e do açúcar (sacarose) em água, veremos que o óleo é insolúvel, o sal é parcialmente solúvel (aprox. 36 g/100 mL de água) e o açúcar é muito solúvel (aprox. 200g/100 mL de água). Como podemos explicar essas diferenças? O óleo é uma mistura de moléculas apolares que possuem cerca de 50 átomos de carbono e 6 de oxigênio. Ou seja, trata-se de moléculas apolares relativamente grandes, que apresentam forças de

[1]Joseph Louis Gay-Lussac (1778 - 1850) foi um renomado químico e físico francês, reconhecido por suas importantes contribuições à ciência, especialmente nos campos da química e da termodinâmica.

[2]Para saber mais, acesse: https://www.sglab.com.br/site/laboratorio-de-sementes/3/post/como-preparar-alcool-70-70-inpm-70-mm-concentracao-aproximada/52/

atração intermoleculares relativamente fortes devido ao seu tamanho, o que resulta em líquidos viscosos. Essas moléculas não interagem com as pequenas moléculas de água, uma vez que a capacidade de formar ligações de hidrogênio é restrita aos poucos átomos de oxigênio do óleo que poderiam estabelecer essas ligações com a água.

A sacarose, o açúcar, por outro lado (fórmula molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$), possui vários grupos -OH que podem formar ligações de hidrogênio com a água. Dessa forma, uma molécula de sacarose é rodeada por moléculas de água, o que explica sua alta solubilidade.

O sal é um composto iônico cujos íons negativos ($Cl^-$) são atraídos pelo polo positivo da água, enquanto os íons positivos ($Na^+$) são atraídos pelo polo negativo. A 20°C, ao adicionarmos mais de 36g de sal em 100mL de água, ele não se dissolve completamente, permanecendo um sólido no fundo do recipiente. Isso indica que não há mais moléculas de água suficientes para solvatar (interagir com o soluto) os íons do sal.

**Assim como a densidade, os pontos de ebulição e de fusão, a solubilidade são propriedades da matéria que dependem da estrutura de suas partículas, sejam elas moléculas, íons ou átomos. Portanto, a solubilidade também pode ser utilizada para identificar uma substância.**

No Brasil, o açúcar é obtido da cana-de-açúcar pela cristalização (formação de cristais) da sacarose no caldo da cana, após o aquecimento para evaporar parcialmente a água, ou seja, até atingir o ponto.de saturação (aprox. 200 g/ 100 mL de água). Nesse ponto ele começa a cristalizar, sendo então separado do caldo. A parte da sacarose que não cristaliza é, posteriormente, convertida em álcool.

O sal é obtido pela evaporação da água do mar à temperatura ambiente. No Rio Grande do Norte, localizam-se as principais salinas do Brasil, em virtude de muito sol e de muito vento, fatores que favorecem a evaporação da água.

NFR

Salinas em Araruama - RJ. A região é a segunda maior produtora no Brasil, após o estado do Rio Grande do Norte.

Uma maneira de purificar substâncias sólidas cristalinas, como o sal e o açúcar, é pela recristalização. Para recristalizar, dissolve-se a substância no solvente apropriado — no caso do sal e do açúcar, a água — e aguarda-se uma nova cristalização. Em seguida, os cristais são filtrados e secos, eliminando muitas impurezas. Assim, obtêm-se o açúcar cristal e o sal. Neste último, a legislação brasileira recomenda a adição de iodeto de potássio (KI) ou iodeto de sódio (NaI) com a finalidade de prevenir doenças da tireoide, como o bócio, entre outros problemas causados pela deficiência de iodo.

**Curiosidade**

1. O propano ($C_3H_8$) e o butano ($C_4H_{10}$), substâncias que compõem o gás de cozinha, são inodoros. Para evitar acidentes decorrentes de vazamentos desse gás, uma substância contendo enxofre em sua molécula, o 1-butanotiol ($C_4H_{10}S$), é adicionada ao gás em quantidades mínimas. O butanotiol tem um cheiro muito intenso, permitindo que qualquer vazamento seja logo percebido.
2. Um grau Celsius representa a centésima parte da diferença entre as temperaturas de solidificação e ebulição da água. Essa denominação é uma homenagem ao astrônomo sueco Anders Celsius. Em 1742, Celsius definiu a temperatura de fusão da água como 100 °C e a de ebulição como 0 °C, resultando em uma diferença de 100 °C entre esses dois pontos, medidos à pressão atmosférica. Atualmente, utilizamos uma escala invertida, onde zero corresponde ao ponto de fusão da água. O sistema foi oficialmente aceito em 1948, estabelecendo a representação dos graus Celsius como °C. Além dessa, existem outras escalas de temperatura, como Kelvin e Fahrenheit, sendo esta última predominantemente utilizada em países de língua inglesa. Caso você viaje para um desses países, será necessário saber como converter graus Fahrenheit em graus Celsius. Na escala Fahrenheit, a temperatura de fusão da água é de 32 °F, e a variação de temperatura de cada grau é 5/9 da variação em °C. Portanto, a conversão é dada pela fórmula:
   °C = (°F - 32)/1,8.

**Desafio**

– Existem na internet vários sites mostrando como você pode determinar a percentagem de etanol na gasolina e verificar se ela está dentro da permitida por lei. Procure um desses sites e teste a gasolina que você usa no seu carro.

# 7. Átomos se Unem para Formar as Diversas Matérias

JÁ vimos que os átomos se unem para que suas partículas adquiram maior estabilidade. Também vimos que existem átomos que não se unem, como os gases nobres, que existem na forma de partículas monoatômicas.

## 7.1 Um modo de explicar a ligação entre os átomos

Segundo o modelo de Bohr, esses átomos possuem em suas órbitas mais externas — onde se encontram os elétrons responsáveis pelas ligações — um total de oito elétrons, conforme mostrado na tabela abaixo. A exceção é o hélio, que possui apenas dois elétrons.

| Elemento | Número de elétrons nos níveis energéticos | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Átomo | Z | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Hélio | 2 | 2 | | | | | |
| Neônio | 10 | 2 | 8 | | | | |
| Argônio | 18 | 2 | 8 | 8 | | | |
| Criptônio | 36 | 2 | 8 | 18 | 8 | | |
| Xenônio | 54 | 2 | 8 | 18 | 18 | 8 | |
| Radônio | 86 | 2 | 8 | 18 | 32 | 18 | 8 |

Esta configuração eletrônica com oito elétrons nas órbitas mais externas cria uma situação de baixa energia e baixa reatividade. Os elétrons de maior energia ocupam essas órbitas externas, que são quatro ao todo, acomodando dois elétrons cada uma, com energias muito próximas. Assim, os gases nobres possuem quatro órbitas no

nível mais externo, todas preenchidas com dois elétrons. No caso do hélio, há apenas uma órbita, contendo dois elétrons.

Nada mais natural do que imaginar que esta situação dê estabilidade a um átomo. Sob esse aspecto, analisando a distribuição eletrônica dos 20 átomos mais leves, mostrada na tabela a seguir, podemos compreender por que alguns têm tendência a doar elétrons, outros a receber e alguns a compartilhar.

| Átomo | Níveis energéticos | | | | Classificação | Elétron de valência |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Hidrogênio | 1 | | | | Não metal | Compartilha 1 elétron |
| Hélio | 2 | | | | Gás nobre | |
| Lítio | 2 | 1 | | | Metal | Doa 1 elétron |
| Berílio | 2 | 2 | | | Metal | Doa 2 elétrons |
| Boro* | 2 | 3 | | | Semimetal | Compartilha 3 elétrons |
| Carbono | 2 | 4 | | | Não metal | Compartilha 4 elétrons |
| Nitrogênio | 2 | 5 | | | Não metal | Compartilha 3 elétrons |
| Oxigênio | 2 | 6 | | | Não metal | Compartilha 2 elétrons |
| Flúor | 2 | 7 | | | Halogênio | Recebe 1 elétron |
| Neônio | 2 | 8 | | | Gás nobre | |
| Sódio | 2 | 8 | 1 | | Metal | Doa 1 elétron |
| Magnésio | 2 | 8 | 2 | | Metal | Doa 2 elétrons |
| Alumínio | 2 | 8 | 3 | | Metal | Doa 3 elétrons |
| Silício | 2 | 8 | 4 | | Não metal | Compartilha 4 elétrons |
| Fósforo | 2 | 8 | 5 | | Não metal | Compartilha 3 elétrons |
| Enxofre | 2 | 8 | 6 | | Não metal | Compartilha 2 elétrons |
| Cloro | 2 | 8 | 7 | | Halogênio | Recebe 1 elétron |
| Argônio | 2 | 8 | 8 | | Gás nobre | |
| Potássio | 2 | 8 | 8 | 1 | Metal | Doa 1 elétron |
| Cálcio | 2 | 8 | 8 | 2 | Metal | Doa 2 elétrons |

Aqueles átomos que doam elétrons são classificados como metais e, como vimos, podem formar substâncias metálicas ou iônicas. Nas metálicas, substâncias simples, os elétrons unem os átomos através de nuvens eletrônicas que percorrem muitos átomos. Nas iônicas, ocorre a doação de elétrons para átomos de outro elemento não metálico, sobretudo os halogênios, que têm tendência a receber um elétron e gerar um íon negativo. Assim, o íon positivo gerado pela doação de elétrons do elemento metálico e o íon negativo formam um sal, como NaCl ou $MgF_2$. Veja que, no caso do magnésio, como o átomo doa dois elétrons, são necessários dois átomos de halogênio para receber esses elétrons, uma vez que cada halogênio só recebe um elétron.

A atração entre os íons positivo e negativo se dá por meio da força eletrostática, que é muito forte, formando os sais. Os íons se organizam em redes cristalinas, como

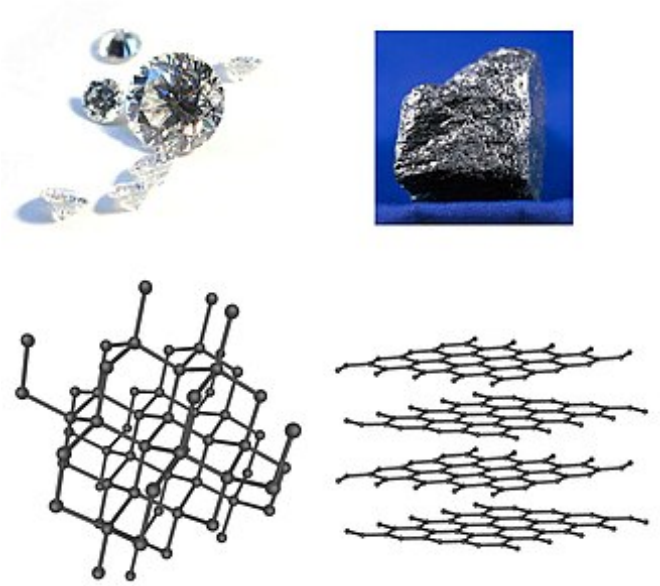
já vimos para o cloreto de sódio, nas quais os íons positivos estão rodeados por negativos e vice-versa. As substâncias iônicas são representadas pela fórmula mínima, ou seja, pelo menor número de átomos que represente a rede cristalina. Ex: $AlCl_3$.

Os elementos não metálicos, em vez de doarem ou receberem elétrons, compartilham alguns elétrons de valência de forma a completar oito elétrons no nível mais energético. O carbono possui 4 elétrons nesse nível; como cada órbita acomoda apenas dois, o átomo compartilha um elétron com um de outro elemento, ou do próprio carbono, em cada órbita. Dessa forma, haverá 4 órbitas com dois elétrons cada, ou seja, oito no nível mais energético. Esse compartilhamento forma ligações covalentes muito fortes, que podem ocorrer entre átomos iguais, como entre átomos de carbono, ou entre átomos diferentes. Esse fato torna o carbono um elemento muito especial, pois ele pode formar longas cadeias carbônicas, que, por sua vez, se ligam covalentemente a outros átomos, como hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre, halogênios, entre outros.

O hidrogênio, o oxigênio e o nitrogênio, ao se ligarem a átomos iguais, formam substâncias simples, cujas moléculas possuem apenas dois átomos, compartilhando um, dois e três elétrons, respectivamente. Eles também se ligam a outros átomos por compartilhamento, formando moléculas de substâncias compostas, como as da água e da amônia ($NH_3$).

O silício, o fósforo e o enxofre não formam cadeias estáveis como as do carbono, mas se ligam a outros átomos, especialmente ao oxigênio, formando ligações muito fortes, como as da molécula de óxido de silício ($SiO_2$).

O carbono, o enxofre e o fósforo, embora não sejam metais, também formam substâncias simples por meio da união covalente entre seus átomos. Exemplos: diamante, grafite, entre outros, cujos modelos estruturais são mostrados a seguir.



Wikipedia Commons / Itub C.C. 3.0 GNU

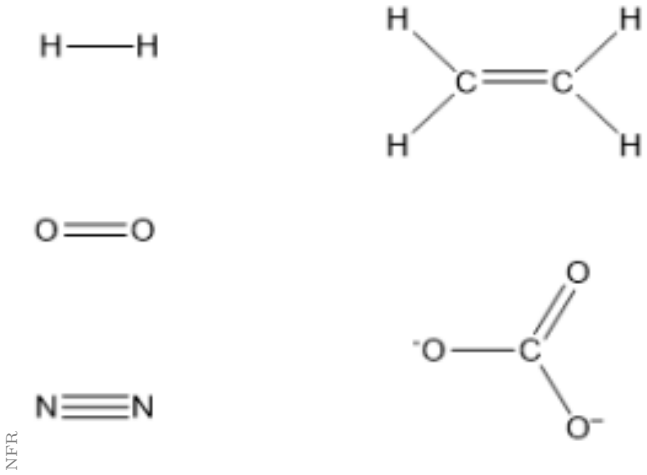
No diamante, os átomos de carbono, representados pelas bolas, estão todos interligados por ligações covalentes, muito fortes. Esta estrutura torna o diamante uma das substâncias mais duras que existem, sendo utilizado em brocas para perfurar matérias duros. No caso do grafite, os átomos formam camadas ligadas por atrações muito fracas, dessa forma, ao atritarmos o grafite as camadas se desprendem. Essa característica é a que permite o grafite ser usado para escrever ou desenhar.

Os halogênios (**F**, **Cl**, **Br**, **I**, **At**), além de formarem substâncias iônicas pela doação de elétrons, podem formar substâncias simples como os gases $Cl_2$ e $F_2$, o líquido $Br_2$ e o sólido $I_2$, pelo compartilhamento de um elétron de cada átomo.

Existem substâncias cujos átomos se unem por meio dos dois tipos de ligação, iônica e covalente, como os carbonatos e os sulfatos. No carbonato de magnésio, por exemplo, o carbono se liga ao oxigênio por compartilhamento, formando o grupo $(CO_3)^{2-}$, que, por sua vez, é atraído pelo íon $Mg_2{}^+$, resultando no sal carbonato de magnésio, $MgCO_3$.

Assim, como já vimos, as substâncias podem ser monoatômicas (gases nobres), metálicas, iônicas ou moleculares. As moléculas são partículas neutras com um número definido de átomos, que estão unidos por ligações covalentes, ou seja, pelo compartilhamento de elétrons.

As ligações covalentes são representadas por traços. Cada ligação, formada por dois elétrons compartilhados entre dois átomos, é representada por um traço, como mostradas nas fórmulas estruturais das moléculas de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, eteno e no íon carbonato




Os átomos, seja por espalhamento, transferência ou compartilhamento de elétrons, se unem para formar substâncias metálicas, iônicas ou moleculares constituindo tudo que existe de concreto no nosso mundo.

**Vamos pensar juntos?**

1. Mostre, usando pontos como elétrons e traços, como deve ser a ligação no $F_2$.

■

**Curiosidade**

Embora o sal obtido a partir da água do mar seja chamado de sal marinho, é importante saber que o sal extraído de minas também tem origem na evaporação de águas marítimas ocorrida em tempos remotos. Na Polônia, existe uma mina de sal, a mina de Wieliczka[a], que é explorada desde o século XIII, sendo que somente em 1996 a atividade de mineração foi suspensa. O sal era tão abundante que os mineiros esculpiram obras de arte e até uma capela. A mina, que tem 300 km de extensão com túneis e galerias, é hoje explorada turisticamente e é considerada patrimônio da humanidade.

[a]Em 1978, as minas de sal de Wieliczka passaram a integrar a lista de Patrimônios da Humanidade da UNESCO. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Wieliczka

**Vamos pensar juntos?**

1. Resuma as três maneiras pelas quais os átomos se unem.
2. Dadas as fórmulas mínimas ou moleculares, indique quais substâncias representadas por estas fórmulas devem ser iônicas ou moleculares: $CH_4$, LiBr, $CaCl_2$, $SO_2$, HCN, $CO_2$, $Na_2CO_3$, NaF.
3. Represente a fórmula estrutural do $CO_2$ e do $CaCl_2$,
4. Justifique por que o carbono, o oxigênio, o nitrogênio e o flúor não formam substâncias metálicas.

**Desafio**

– A partir do elemento cálcio, as distribuições eletrônicas começam a ficar mais complicadas. Dadas a do cobre (2,8,17, 2) e do Selênio (2, 8,18, 6) descubra se eles são metais ou não. Justifique.

# 8. A Matéria das coisas Inanimadas

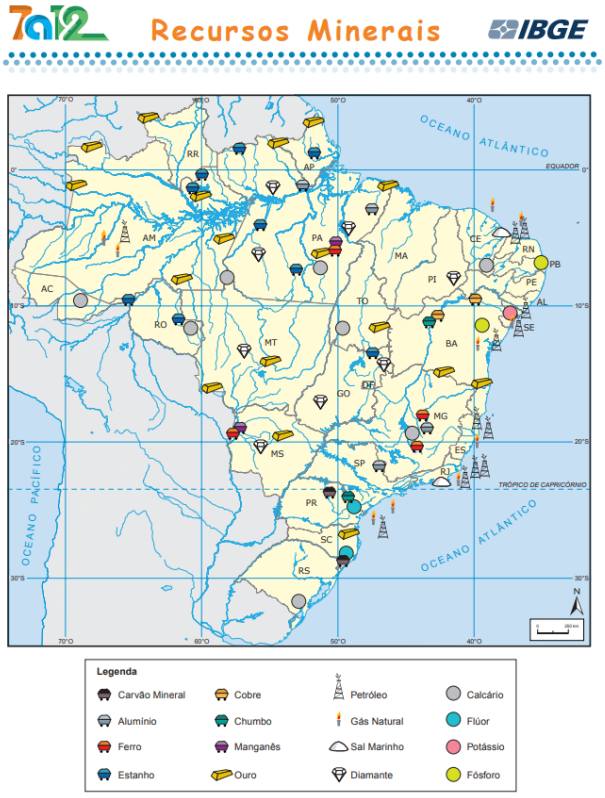
Se você olhar à sua volta, verá que quase tudo ao seu redor é feito de metal, vidro, cimento, cerâmica, tijolo, plástico, madeira e, em menor proporção, papel, borracha e tecido. Todas essas coisas são provenientes de transformações químicas de minerais ou vegetais encontrados na natureza, exceto a madeira, o tecido, o papel e alguns metais que são obtidos diretamente da natureza.

## 8.1 Metais e minerais na natureza

Como vimos no texto 3, a teoria do Big Bang propõe que toda a matéria foi criada há bilhões de anos. A partir desse evento, após muitas transformações, formaram-se os átomos. As estrelas, por meio da nucleossíntese, continuam transformando átomos menores em átomos maiores, liberando grande quantidade de energia. O Sol, uma estrela pequena, sintetiza principalmente hidrogênio e hélio e, em quantidades muito menores, átomos de lítio, berílio, boro e carbono. Dessa forma, todos os outros elementos químicos existentes na Terra foram captados do espaço interestelar durante sua formação e incorporados à mesma.

Os elementos mais abundantes na crosta terrestre são o oxigênio e o silício, seguidos por alumínio, ferro, cálcio, sódio, potássio e magnésio. Esses e outros elementos químicos estão presentes na crosta terrestre em forma de agregados que compõem as rochas. Os elementos metálicos representam três quartos dos elementos

naturais; no entanto, são muito raros os que ocorrem no subsolo na forma metálica, ou seja, como substâncias simples, como o ouro e, em menor quantidade, o cobre e a prata. Os demais estão presentes na forma de substâncias compostas, os minerais. As substâncias simples são formadas por apenas um elemento químico. Já as substâncias compostas, ou simplesmente compostos, são constituídas por dois ou mais elementos químicos. Rochas são agregados de minerais, que, por sua vez, são compostos. Quando um mineral possui importância econômica, ele é chamado de minério, como, por exemplo, o minério de ferro. Assim, metais e minerais encontram-se localizados em jazidas distribuídas por todo o subsolo terrestre, em decorrência dos eventos geológicos que ocorreram ao longo do tempo. No Brasil, o subsolo abriga jazidas de diversos minerais, além do ouro metálico, que é extraído tanto de rochas quanto de vales fluviais, especialmente na região amazônica. A seguir, apresentamos um mapa do Brasil indicando os principais locais onde estão os minérios que originam os elementos metálicos utilizados nas mais diversas aplicações.




IBGE

Mapa de recursos minerais brasileiros produzido pelo IBGE. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/produtos_educacionais/mapas_tematicos/mapas_do_brasil/mapas_nacionais/informacoes_ambientais/recursos_minerais.pdf

Hoje em dia, existe uma grande demanda pelos metais conhecidos como terras raras. Apesar de não serem escassos na natureza, os elementos terras raras são considerados críticos devido à complexidade dos processos envolvidos na extração e beneficiamento. O Brasil é o detentor da segunda maior reserva mineral de terras raras do mundo, com cerca de 21 milhões de toneladas, o que representa cerca de 23% das reservas/recursos globais. Apenas a China possui uma reserva maior que o Brasil.

A maior parte dos recursos de elementos terras raras no Brasil está concentrada, principalmente, nos estados de Minas Gerais, Goiás, Amazonas, Bahia, além de Sergipe. Esses elementos são usados para melhorar a eficiência de diversos produtos de alta tecnologia e de energia limpa, com destaque para a aplicação em turbinas eólicas e motores elétricos, além da aplicação em equipamentos aeroespaciais, como satélites, foguetes e mísseis. Os elementos têm altas propriedades magnéticas, elétricas, catalíticas e luminescentes.

Antes de demonstrar como um minério é transformado em metal, apresentamos, a seguir, uma tabela com alguns dos principais metais, os nomes dos minérios de onde são extraídos e suas respectivas fórmulas moleculares (FM).

| Metal | Minério | Fórmula molecular |
|---|---|---|
| Alumínio | Bauxita | $Al_2O_3$ |
| Cobre | Calcosita | $Cu_2S$ |
| Chumbo | Galena | $PbS$ |
| Cromo | Cromita | $FeO \cdot Cr_2O_3$ |
| Estanho | Cassiterita | $SnO_2$ |
| Ferro | Hematita | $Fe_2O_3$ |
| Manganês | Pirolusita | $MnO_2$ |
| Mercúrio | Cinábrio | $HgS$ |
| Nióbio | Niobita | $(FeMn)(NbTa)_2O_6$ |
| Níquel | Petlandita | $FeSNiS$ |
| Prata | Argentita | $Ag_2S$ |
| Zinco | Blenda | $ZnS$ |

Como podemos observar, alguns elementos metálicos estão combinados com oxigênio, formando substâncias chamadas óxidos. Outros estão ligados ao enxofre, formando sais conhecidos como sulfetos.

## 8.2 Obtendo metais

Até agora, exploramos as propriedades físicas das substâncias. Essas propriedades são utilizadas para identificar e separar as substâncias, além de serem aplicadas em diversos outros objetivos. As propriedades químicas envolvem a transformação de substâncias em outras substâncias, ou seja, transformam a matéria. A essa transformação chamamos de reação química, onde reagentes se transformam em produtos de reação.

## 8.3 O que é necessário para que uma reação ocorra?

Para que uma reação química ocorra, é necessário, inicialmente, que algumas ligações nos reagentes se rompam. Em seguida, formam-se novas ligações entre átomos de dois ou mais reagentes, originando os produtos. Também existem reações que envolvem apenas um reagente, como no caso da formação de polímeros. Veremos isso no próximo texto.

## 8.4 Como romper as ligações químicas?

Para que uma ligação química seja rompida, é necessário que as partículas dos reagentes colidam entre si. Já sabemos que essas partículas possuem movimentos que aumentam do estado sólido para o gasoso. Durante o movimento, ocorrem colisões. A energia dessas colisões precisa ser suficiente para romper algumas ligações químicas.

Em condições de temperatura e pressão ambiente, essa energia nem sempre é suficiente para causar a ruptura das ligações. No caso dos minérios, por exemplo, para que ocorram choques efetivos, geralmente solubilizamos os materiais e elevamos a temperatura e/ou a pressão do meio reacional.

Dessa forma, os átomos ou íons das substâncias reagentes se separam e se reorganizam de maneira diferente nos produtos formados. As reações químicas são representadas por equações químicas, como demonstrado a seguir na obtenção do ferro a partir da hematita. À esquerda da equação estão os reagentes e, à direita, os produtos. O número que precede a fórmula molecular (FM) indica a quantidade de mols que reagem ou se formam.

Após a FM, entre parênteses, é frequentemente indicado o estado da substância: sólido **(s)**, líquido **(l)**, gasoso **(g)** ou em solução aquosa **(aq)**.

## 8.5 Obtenção do ferro metálico

Na obtenção do ferro metálico a partir da hematita, esta reage com o monóxido de carbono (CO) em altas temperaturas, produzindo óxido de ferro ($Fe_3O_4$) e dióxido de carbono ($CO_2$). Em seguida, o óxido de ferro reage novamente com o monóxido de carbono, resultando em ferro metálico (Fe) e mais dióxido de carbono. As reações que descrevem a obtenção de ferro metálico a partir da hematita são as seguintes:

**1.Primeira etapa:**

$$CO\,(g) + Fe_2O_3\,(s) \longrightarrow 2\,FeO\,(s) + CO_2\,(g)$$

**2.Segunda etapa:**

$$FeO\,(s) + CO\,(g) \longrightarrow Fe\,(s) + CO_2(g)$$

**Processo global:**

$$Fe_2O_3\,(s) + 3\,CO\,(g) \longrightarrow 2\,Fe\,(s) + 3\,CO_2\,(g)$$

O monóxido de carbono necessário para essas reações é obtido pela oxidação do carbono sólido:

$$2\,C\,(s) + O_2\,(g) \longrightarrow 2\,CO\,(g)$$

Como podemos observar, do ponto de vista macroscópico, o número de mols de cada elemento tem que ser o mesmo nos reagentes e nos produtos, uma vez que não há criação de matéria. Esse princípio de conservação das massas tem de ser observado nas representações por equações químicas. Ao obter o metal prata a partir da argentita, observamos que um mol do sal sulfeto de prata, no qual há dois mols do elemento prata e um mol do elemento enxofre, reage com a substância oxigênio, que contém dois mols do elemento oxigênio. Esses, ao colidirem, a altas temperaturas, produzem dois mols de prata metálica e um mol de dióxido de enxofre.

$$Ag_2S\,(s) + O_2\,(g) \longrightarrow 2\,Ag\,(s) + SO_2\,(g)$$

**Vamos pensar juntos?**

1. Considerando as reações de obtenção de metais, verificamos que a reação com carbono gera como um dos produtos $CO_2$. Sabendo que a molécula do $CO_2$ leva muitos anos para se decompor na atmosfera, tente relacionar esses dois fenômenos.

## 8.6 E de onde vêm o cimento, o tijolo, a cerâmica e o vidro?

As nossas residências são construídas com tijolos, cerâmica, cimento, vidro e madeira, além do metal utilizado em pilastras, fechaduras, torneiras e outros itens. Já vimos como os metais são obtidos, mas e o tijolo, o cimento, a cerâmica e o vidro? Como são produzidos? O cimento é produzido a partir de uma mistura de rocha calcária, composta principalmente por carbonato de cálcio, e argila, formada por silicatos de alumínio e ferro. Essas duas rochas são misturadas e submetidas a um aquecimento de 1500°C, transformando-se em uma mistura homogênea. Após o resfriamento, essa mistura solidifica. O sólido resultante é moído e ensacado. Durante o uso, adicionam-se areia e água ao cimento. O carbonato de cálcio ($CaCO_3$) ao ser aquecido forma cal (CaO), que, ao ser hidratada, transforma-se em hidróxido de cálcio, Ca(OH)2, conhecido como cal hidratada ou cal morta.

Substâncias que apresentam o grupo funcional -OH são classificadas como bases, sendo formadas pela hidratação de óxidos, conforme representado na equação a seguir:

$$CaCO_3\,(s) \xrightarrow{\text{aquecimento}} CaO\,(s) + CO_2(g)$$

$$CaO\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow Ca(OH)_2\,(aq)$$

O silício é o segundo elemento mais abundante no planeta Terra, ficando atrás apenas do oxigênio. Ele está presente em praticamente todas as rochas, areias, barros e solos. Quando combinado com o oxigênio, forma a sílica (SiO2, dióxido de silício), que constitui a areia.

Além disso, ao se combinar com oxigênio e outros elementos como alumínio, magnésio, cálcio, sódio, potássio ou ferro, dá origem aos silicatos, que possuem estruturas moleculares muito complexas.

Os tijolos são fabricados a partir de uma mistura em que predomina o barro, composto por argilominerais, como os silicatos de alumínio, magnésio, ferro, cálcio e potássio, entre outros, que geralmente ocorrem em áreas próximas a rios. Esse material se origina da decomposição de rochas como o feldspato. Como essas rochas possuem composição química bastante variável, frequentemente são adicionados óxido de ferro e/ou de magnésio, além de húmus, para ajustar as propriedades da mistura. Na fabricação de tijolos, o húmus — matéria orgânica resultante da decomposição de resíduos vegetais e animais no solo — é adicionado para melhorar a plasticidade da argila, facilitando o molde dos tijolos. Durante o aquecimento, o húmus queima, criando poros (buracos) que reduzem o peso e aumentam o isolamento térmico do produto final. A fabricação dos tijolos envolve o aquecimento dessa mistura, porém a uma temperatura mais baixa que a utilizada na produção de cimento.

**Vamos pensar juntos?**

1. Tente descobrir por que a adição de húmus na fabricação dos tijolos provoca a formação de buracos durante a queima.

■

A cerâmica, utilizada para a fabricação de pias, pratos, xícaras e outros itens, é obtida a partir de uma mistura de feldspato, quartzo e caulim. O caulim, uma argila branca, tem como principal componente a caulinita, que é um silicato hidratado de alumínio. O quartzo é uma rocha constituída por cristais de óxido de silício ($SiO_2$). Esses minerais são devidamente misturados e submetidos a altas temperaturas, resultando em uma massa moldável, capaz de formar peças com espessuras muito finas, como as das xícaras.

O vidro, como sabemos, é um material que tem sido utilizado há milênios, e os antigos romanos já o fabricavam para diversos fins, como janelas e taças para o vinho. Ele é predominantemente composto por quartzo, uma rocha formada por cristais de óxido de silício ($SiO_2$). Quando aquecido a altas temperaturas, o $SiO_2$ derrete, e ao

resfriar, ao contrário de outros sólidos, não forma cristais, mas assume uma estrutura amorfa, com moléculas dispostas de maneira desordenada, como se fosse um líquido.

As ligações intermoleculares entre os átomos de vidro são fortes, o que confere ao material sua dureza e alta temperatura de fusão. Além disso, as ligações intramoleculares são responsáveis pela transmissão da luz através do vidro, um fenômeno que está relacionado ao comportamento único da estrutura molecular amorfa do material.

Como podemos ver, esses materiais são obtidos por meio de transformações químicas de minerais, provocadas por altas temperaturas.

Esses minerais são compostos principalmente pelos elementos silício e oxigênio, além de elementos metálicos, que, organizados de maneiras diferentes, formam substâncias com propriedades variadas.

Ao longo da história, o homem teve o papel de descobrir (em muitos casos, certamente por acaso) e explorar essas propriedades para obter os materiais desejados.

## 8.7 Por que o mar é salgado?

Os metais sódio e potássio são comumente encontrados na natureza principalmente na forma de sais de cloro, como os cloretos. Esses sais estão presentes tanto em depósitos minerais quanto dissolvidos na água do mar. Os oceanos cobrem cerca de 70% da superfície terrestre e a água salgada representa aproximadamente 97,5% da água disponível no planeta.

O cloreto de sódio, que está presente em cerca de 0,33% da água do mar, é o principal responsável pelo sabor salgado da água do mar. Além do cloreto de sódio, outros sais como o cloreto de potássio, cloreto de magnésio, brometo de sódio, e vários sulfatos e bicarbonatos também estão presentes em menores quantidades na água do mar.

## 8.8 De onde vieram essas substâncias?

Os sais são formados pela reação de bases com ácidos. As bases provêm da reação dos óxidos, presentes nas rochas, com a água. Os óxidos, ao entrarem em contato com os rios – água -, transformam-se em bases, que são transportadas pelos rios até o mar.

E os ácidos? Estes provêm de reações de gases expelidos por vulcões submarinos, como o HCl (cloreto de hidrogênio) e o $SO_3$. Esses gases, ao entrarem em contato com a água, geram ácidos que, ao reagirem com as bases, formam os sais. Como mostrado pelas equações a seguir:

**Formação do cloreto de sódio:**

$Na_2O\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons 2\,NaOH\,(aq)$

$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$

$NaOH(aq)^+\,H_3O^+ + Cl^- \rightleftharpoons NaCl\,(aq) + 2\,H_2O\,(l)$

**Formação dos sulfatos:**

Os sulfatos são formados pela reação do $SO_3$ com a água e posteriormente com uma base.

$SO_3\,(g) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_2SO_4\,(aq)$

$H_2SO_4\,(aq) + Ca(OH)_2\,(aq) \rightleftharpoons CaSO_4\,(aq) + 2\,H_2O\,(l)$

Substâncias que, em contato com a água, liberam um próton e formam o íon hidrônio ($H_3O^+$) são substâncias ácidas.

$H_2SO_4\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + HSO_4{}^-\,(aq)$

Wikimedia Commons / Rémih

Erupção do vulcão Kavachi, localizado no oceano Pacífico. Maio 2024.

Por meio dos minerais, podemos conhecer as diferentes classes de substâncias que formam a matéria inanimada da Terra. Os minerais são compostos por diferentes combinações de elementos químicos e, ao serem estudados, revelam as várias classes

de substâncias. As principais classes incluem:

(i) **Ácidos:** São substâncias que, na presença de água, liberam o íon hidrônio ($H_3O^+$). Como observado no ácido carbônico ($H_2CO_3$) no ácido bromídrico (HBr) e no sulfúrico;

(ii) **Bases:** São substâncias formadas pela hidratação de óxidos. Elas se caracterizam pela presença íon hidróxido ($OH^-$), que é formado pela ligação covalente entre um átomo de oxigênio e um átomo de hidrogênio. Alguns exemplos são o hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de ferro (II), $Fe(OH)_2$;

(iii) **Óxidos:** São substâncias cujas partículas são formadas pela ligação de átomos de oxigênio com átomos de outros elementos, metálicos ou não. Exemplos incluem o dióxido de carbono ($CO_2$) e o óxido de cálcio (CaO);

(iv) **Sais:** São substâncias iônicas formadas por íons positivos, provenientes de elementos metálicos, e íons negativos, provenientes de outros elementos ou grupos de elementos. Exemplos de sais são o sulfato de magnésio ($MgSO_4$) e o cloreto de ferro (II),$FeCl_2$.

**Vamos pensar juntos?**

1. Que sal se forma quando o óxido de cálcio (CaO) reage com o gás cloreto de hidrogênio (HCl)? Escreva a reação dessa transformação química.
2. Descreva com suas palavras o que é necessário para que uma reação ocorra.
3. Considerando que após o início de uma reação, quando são formados os produtos, se eles forem solúveis no meio reacional, ao se chocarem, podem formar reagentes novamente? Justifique

■

**Curiosidade**

Wikimedia Commons / Saiko C.C. 3.0 GNU

Criada segurando um espelho dobrável para sua patroa, Grécia, c. 100 a.C.

O domínio das técnicas metalúrgicas e a transformação de minerais em metais começou há milhares de anos. A Idade do Cobre, que ocorreu por volta de 5.000 a.C., marcou um ponto crucial no desenvolvimento humano. Nesse período, os primeiros objetos de cobre começaram a ser produzidos, dando início a novas possibilidades para ferramentas e utensílios. O estanho foi descoberto aproximadamente na mesma época, e, com isso, surgiu o bronze — uma liga metálica composta principalmente de cobre e um pouco de estanho. Essa liga foi utilizada para fabricar os primeiros espelhos de bronze, que permaneceram em uso até o século XIII.

Esses avanços nas técnicas de fundição de metais permitiram não apenas melhorias na ferramenta e na arma, mas também no comércio e na arte, com o bronze sendo usado em esculturas, moedas e utensílios decorativos.

As ligas metálicas são misturas de metais com outras substâncias, sejam elas metálicas ou não, onde um metal predomina. Não há reação química entre eles, mas sim um encaixe de átomos da substância em menor quantidade na rede metálica cristalina. Esse encaixe modifica as propriedades do metal. No caso da adição do estanho ao cobre, a liga resultante possui uma dureza muito maior do que o cobre puro, tornando as ferramentas feitas com ela mais resistentes. Além disso, essa liga proporciona mais brilho, o que fez com que fosse utilizada na fabricação de espelhos.

Por volta de 1000 a.C., os seres humanos já dominavam a extração de ferro de seus minerais. Ao aquecer o ferro na presença de carvão, descobriram acidentalmente o aço. Muitas tentativas, nem sempre bem-sucedidas, foram realizadas para melhorar essa liga, mas foi apenas no século XX que a solução para os fracassos surgiu. A liga ideal contém apenas 1% de átomos de carbono, e o desafio era alcançar essa proporção exata. Uma vez atingida, o aço se tornou a liga mais utilizada pelo homem. Com a adição de átomos de cromo, além do carbono, cria-se o aço inoxidável. O cromo forma uma película de óxido de cromo, quando em contato com o ar, impedindo a oxidação do aço. Essa película é transparente não interferindo no visual do aço.

### Desafio

– Pesquise na internet as substâncias simples formadas por átomos de carbono, enxofre e fósforo. Descubra também o motivo pelo qual os garimpeiros utilizam uma liga de mercúrio (amálgama) para extrair ouro dos rios.

# 9. A Matéria dos Seres Vivos: Petróleo

Como surgiram os seres vivos? Estudos científicos propõem algumas ideias sobre esse assunto.

## 9.1 A vida

A vida começou há cerca de 4 bilhões de anos quando bactérias e algas cianofíceas, que viviam no fundo dos oceanos e obtiveram energia por meio de gases liberados do interior da Terra, emergiram. Esses organismos não eram sensíveis à luz ultravioleta que chegava à Terra e, por isso, resistiram na superfície dos oceanos. A atmosfera da época era composta por hidrogênio, metano e amônia ($NH_3$). Como não havia oxigênio, também não existia ozônio ($O_3$), permitindo que os raios ultravioletas atingissem a superfície. O ozônio, ao absorver os raios ultravioleta, transforma-se em oxigênio.

Há cerca de 2 bilhões de anos, o oxigênio começou a aparecer na atmosfera, e sua concentração aumentou à medida que os organismos cianofíceos desenvolveram a capacidade de realizar a fotossíntese. Cerca de 800 milhões de anos atrás, surgiram as plantas e os animais.

Plantas, algas e bactérias são os únicos organismos capazes de realizar a fotossíntese. Nesse processo, transformam dióxido de carbono ($CO_2$) e água em oxigênio ($O_2$) e carboidratos, principalmente glicose ($C_6H_{12}O_6$), utilizando energia solar.

A etapa inicial é catalisada pela clorofila, pigmento verde localizado principalmente nas folhas das plantas, onde o $CO_2$ é absorvido. O $CO_2$ em combinação com a água, proveniente das raízes, produz carboidratos e oxigênio por meio de reações químicas, como a representada a seguir.

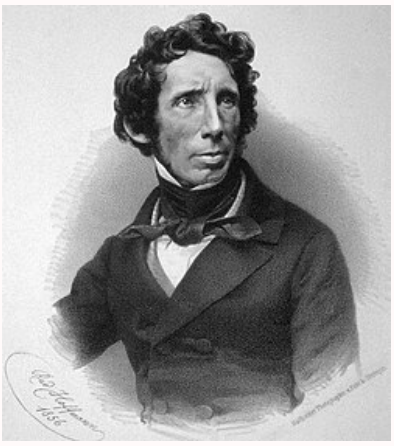
$$6\,CO_2\,(g) + 6\,H_2O\,(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6\,(aq) + 6\,O_2\,(g)$$

O oxigênio produzido pela fotossíntese é liberado para a atmosfera, enquanto parte da glicose formada é usada pela planta em seus processos metabólicos essenciais; outra parte é consumida no processo de respiração celular. Este processo fornece energia para as atividades vitais do organismo. O excedente, que não é imediatamente utilizado, é armazenado nos órgãos de reserva da planta, como sementes e raízes, sob a forma de amido. Os carboidratos são assim chamados porque possuem em sua estrutura molecular a proporção de uma molécula de água ($H_2O$) para cada átomo de carbono derivado do $CO_2$. Sua fórmula molecular genérica é representada como $C_nH_{2n}O_n$, em que **n** é um número inteiro.

Os animais não realizam a fotossíntese nem sintetizam carboidratos, dependem, portanto, das plantas para sobreviver. Utilizando os carboidratos e outras substâncias absorvidas pelas raízes, as plantas produzem não apenas alimentos, mas também diversos materiais úteis ao ser humano, como madeira, borracha, medicamentos, essências entre outros. Todos esses materiais contêm átomos de carbono, que são estudados no âmbito da Química Orgânica.

## 9.2 A Química Orgânica

Até o início do século XIX, os pesquisadores estudavam as substâncias da natureza e acreditavam que seria impossível sintetizar uma substância originada de seres vivos. Para tal, seria necessária uma interferência divina. Essas substâncias naturais foram chamadas de orgânicas, ou seja, provenientes de organismos vivos. No entanto, no início do século XIX, Friedrich Wöhler conseguiu sintetizar a ureia, uma substância natural, a partir de um sal inorgânico. Esse feito mostrou que os seres humanos eram capazes de sintetizar substâncias biossintetisadas pelos organismos vivos. Ou seja, é possível obter em laboratório ou na indústria substâncias idênticas às produzidas pelos seres vivos.



Wikimedia Commons / Peter Geymayer R8R

Friedrich Wöhler foi um químico e pedagogo alemão nascido em Eschersheim, Frankfurt am Main, em 31 de julho de 1800. Ele faleceu em Göttingen no dia 23 de setembro de 1882. Para mais informações, acesse: https://www.explicatorium.com/biografias/friedrich-wohler.html

Hoje, a Química Orgânica é a área da Química que estuda as substâncias que contêm átomos de carbono, com exceção do CO2 e dos sais carbonatos, que são abordados pela Química Inorgânica. Como já vimos, o átomo de carbono é especial porque pode formar ligações muito fortes consigo mesmo, criando cadeias carbônicas. Essas cadeias geram uma grande diversidade de substâncias. As substâncias naturais, produzidas pelos seres vivos, têm como base essas cadeias de átomos de carbono em suas estruturas. Além das substâncias naturais hoje presentes na Terra, materiais fósseis, como o petróleo, também têm sua origem em seres vivos e, portanto, contêm átomos de carbono.

## 9.3 O petróleo veio da vida

As maiores reservas de petróleo do mundo estão na Venezuela, que possui 300 bilhões de barris. O Brasil, por sua vez, ocupa o 15º lugar no ranking global.

Quanto à localização dos poços no Brasil, como ilustrado em mapas geológicos, eles estão concentrados tanto no mar (como na Bacia de Campos e Bacia de Santos) quanto em bacias de rios, como a Bacia do Amazonas, em áreas terrestres e *offshore*.

A teoria mais aceita, atualmente, para a formação do petróleo sugere que ele se originou a partir do soterramento de restos de organismos vegetais e animais, principalmente de origem marinha ou fluvial, ocorrendo ao longo de milhões de anos. Durante esse processo, a matéria orgânica foi transformada sob pressão e temperatura do solo, resultando na formação de petróleo.

**Curiosidade**

Em vermelho poços explorados pela Petrobras e em verde por outras companhias. Como você pode perceber eles se localizam no mar ou em bacias hidrográficas. Figura obtida do livro *A Química e o Mundo, Vol. 2*, editado em 2015.

*Offshore* refere-se a atividades realizadas no mar, longe da costa. No contexto de petróleo e gás, plataformas offshore são estruturas flutuantes ou fixas localizadas no fundo do mar, onde ocorre a extração de recursos naturais, como petróleo e gás. Essas plataformas são fundamentais para a exploração em áreas de alto-mar, especialmente em águas profundas, onde a perfuração terrestre não é possível; em terra firme (onshore). Para conhecer um pouco mais, acesse: Disponível em: https://petrobras.com.br/quem-somos/exploracao-e-producao. "Ao contrário do que muitos pensam, o petróleo não é encontrado na natureza como um lago subterrâneo ou preenchendo grandes cavidades nas rochas. Ele é um líquido que ocorre entre os grãos de rochas sedimentares porosas e permeáveis, como arenitos, por exemplo, ou em cavidades interconectadas de rochas como calcário. Uma jazida de petróleo assemelha-se, portanto, muito mais a uma esponja encharcada do que a uma caverna com líquido". Disponível em: https://www.sgb.gov.br/petroleo.

Há centenas de milhões de anos, a vida era intensa, especialmente em ambientes aquáticos. Após a morte, os restos desses organismos – principalmente algas – se acumularam em mares, lagos e rios. Quando não eram consumidos por fungos e bactérias, que se alimentam desse material, eles chegavam ao fundo das águas e eram progressivamente soterrados e degradados. A degradação química desse material, que resultou na formação do petróleo e de gases, ocorreu na ausência de oxigênio. Hidrogênio, substância capturada pela crosta terrestre durante sua formação reagiu com a matéria orgânica soterrada, gerando o petróleo. À medida que a profundidade aumentava, também aumentavam a pressão e a temperatura, intensificando a degradação das substâncias e resultando na formação de moléculas

menores, como os gases propano ($C_3H_8$), etano ($C_2H_6$) e metano ($CH_4$). Por isso, é comum encontrar reservas de gases próximas aos poços de petróleo.

A composição química do petróleo pode variar conforme a biota, ou seja, o conjunto de seres vivos existentes no local de origem. Em termos gerais, o petróleo é predominantemente composto por hidrocarbonetos, ou seja, substâncias formadas apenas por átomos de carbono e hidrogênio, como mostra a análise elementar de petróleo cru típico (% em peso).

| Composição elementar do petróleo | Percentual em massa |
|---|---|
| Hidrogênio | 11-14% |
| Carbono | 83-87% |
| Enxofre | 0,006-8% |
| Nitrogênio | 0,11-1,7% |
| Oxigênio | 0,1-2% |
| Metais | Até 0,3% |

Análise elementar do petróleo cru típico (% em peso). Fonte: THOMAS, J. E. (Org.) *Fundamentos de engenharia de petróleo*. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

Um dos elementos químicos indesejáveis no petróleo é o enxofre, pois, quando presente na gasolina ou em outro combustível, produz, durante a combustão, óxido de enxofre, que é altamente poluente. Uma vez extraído, o petróleo passa por um processo de destilação na refinaria, que separa o óleo bruto em diferentes frações, conforme o ponto de ebulição de suas substâncias. As substâncias dessas frações são direcionadas para variadas aplicações, como ilustrado na tabela a seguir, onde $n\mathbf{C}$ representa o número de átomos de carbono nas moléculas dos hidrocarbonetos presentes em cada fração.

| Fração | $n\mathbf{C}$ | PE/°C | Utilização |
|---|---|---|---|
| Gás natural | 1-2 | -160 a -75 | Gás combustível |
| GLP | 3-4 | -42 a 20 | Gás de cozinha |
| Éter de petróleo leve | 5-6 | 20 a 60 | Solvente |
| Éter de pet. pesado | 7-8 | 60 a 90 | Solvente |
| Gasolina | 6-12 | 40 a 200 | Combustível de motor |
| Nafta / querosene | 5-14 | 40 a 250 | Combustível de avião e Indústria Química |
| Óleo diesel leve | 13-17 | 250 a 350 | Combustível de fornos |
| Óleo diesel pesado | 16-25 | 300 a 400 | Combustível e lubrificante |
| Parafina | >20 | 450 a 650 | Velas, cosméticos |
| Asfalto/piche/coque | >30 | >500 solido | Pavimentação |

Composição química média dos petróleos

Além do uso como combustível, solvente e lubrificante, a indústria petroquímica emprega algumas substâncias provenientes das refinarias de petróleo, com o objetivo de convertê-las em produtos utilizados na fabricação de fibras, plásticos, borrachas, detergentes, fertilizantes e muitos outros.

**Vamos pensar juntos?**

1. Faça uma lista de materiais de uso doméstico que são obtidos do petróleo.

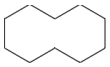
## 9.4 Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos são substâncias formadas exclusivamente por átomos de carbono e hidrogênio em suas moléculas. Apresentam-se nos estados gasoso, líquido ou sólido, caracterizados por seus baixos pontos de fusão. Com base na estrutura de suas cadeias carbônicas e nos tipos de ligações entre os átomos de carbono, eles são divididos em duas categorias principais: alifáticos – possuem cadeias carbônicas abertas (lineares ou ramificadas) ou cíclicas – e aromáticos.

Nos alcanos, que são hidrocarbonetos alifáticos, seus nomes terminam sempre com o sufixo ano. Por exemplo, o hexano ($CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$) é um hidrocarboneto alifático de cadeia aberta. Nele, os átomos de carbono estão ligados a quatro outros átomos, sejam de carbono ou hidrogênio.

Existem hidrocarbonetos alifáticos nos quais os átomos de carbono estão ligados por duas ou três ligações entre si, como nos alcenos. A capacidade do átomo de carbono em formar diferentes tipos de ligações com outros átomos gera uma quantidade quase infinita de substâncias, o que justifica a existência de uma área de estudo voltada para ele, a Química Orgânica. A seguir um quadro com exemplos de alcanos, lineares e cíclicos.

Até agora, mostramos apenas as fórmulas moleculares das substâncias, ou seja, aquelas que indicam o número de átomos de cada elemento presente nas moléculas. Para uma mesma fórmula molecular (FM), podem existir diversos arranjos dos átomos. Por isso, é necessário representar a conectividade entre eles e sua organização espacial. A conectividade é expressa pela fórmula constitucional (FC). No quadro a seguir,

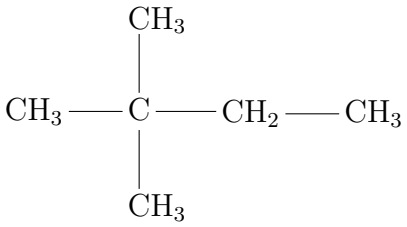
| Nome | Fórmula Molecular | Fórmula constitucional | Nome | Fórmula Molecular | Fórmula constitucional |
|---|---|---|---|---|---|
| Metano | $CH_4$ | $CH_4$ | Pentano | $C_5H_{12}$ | $CH_3(CH_2)_3CH_3$ |
| Etano | $C_2H_6$ | $CH_3CH_3$ | Heptano | $C_7H_{16}$ | $CH_3(CH_2)_5CH_3$ |
| Propano | $C_3H_8$ | $CH_3CH_2CH_3$ | Undecano | $C_{11}H_{24}$ | $CH_3(CH_2)_9CH_3$ |
| Butano† | $C_4H_{10}$ | $CH_3(CH_2)_2CH_3$ | Icosano | $C_{20}H_{42}$ | $CH_3(CH_2)_{18}CH_3$ |
| Ciclopropano | $C_3H_6$ | | Ciclopentano | $C_5H_{10}$ | |
| Cicloexano | $C_6H_{12}$ | | Ciclodecano | $C_{10}H_{20}$ |  |

Nome e fórmulas de alcanos lineares e cíclicos. †No exemplo do butano e dos hidrocarbonetos cíclicos a representação é dada por uma fórmula de linhas ou de traços, na qual os carbonos estão localizados nos vértices e os hidrogênios não são representados, considerando-se sempre que átomo de carbono faz quatro ligações.

apresentamos as FCs de hidrocarbonetos alifáticos de cadeias abertas e cíclicas, onde cada átomo de carbono, exceto os terminais, conecta-se a dois outros átomos de carbono, formando uma cadeia. Átomos de hidrogênio completam as quatro ligações de cada carbono. Nesse contexto, as fórmulas constitucionais são representadas utilizando as letras-símbolos dos átomos e/ou estruturas geométricas, como ilustrado anteriormente.

Os hidrocarbonetos lineares são gases até o butano; entre o pentano e o heptadecano, apresentam-se como líquidos, e acima desses, são encontrados no estado sólido. Os sólidos são conhecidos como parafina (termo que, em grego, significa baixa reatividade). Eles possuem diversas utilizações, como em combustíveis, lubrificantes, desengordurantes, entre outros. Velas, por exemplo, são compostas por esses hidrocarbonetos sólidos. Além disso, os hidrocarbonetos extraídos do petróleo são utilizados como matéria-prima pela indústria petroquímica, como será mostrado mais adiante.

Há também hidrocarbonetos ramificados, nos quais os átomos de carbono se conectam a três ou quatro outros átomos de carbono, formando ramificações na cadeia principal.



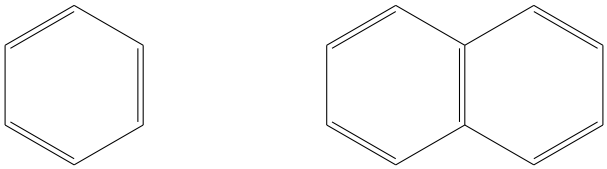
2,2-dimetilbutano

Quando as cadeias formam um ciclo, a representação por letras torna-se difícil, sendo, por isso, substituída por polígonos. Nessas representações, cada vértice corresponde a um átomo de carbono, enquanto os átomos de hidrogênio não são explicitamente indicados. Nos hidrocarbonetos alifáticos cíclicos, os carbonos, ao estarem ligados a quatro átomos, possuem dois átomos de hidrogênio associados a cada um deles, conforme demonstrado no quadro anterior.

**Vamos pensar juntos?**

1. Desenhe a fórmula constitucional do metil cicloexano.
2. Sabendo que o ponto de ebulição de uma substância depende da atração entre suas moléculas, que por sua vez depende da área de contato entre elas, explique porque o PE do 2,2-dimetilbutano é mais baixo do que o do hexano, embora os dois tenham a mesma fórmula molecular.
3. Considerando que o octano ( d = 0,7 g/ml) é o principal composto da gasolina e que a queima de hidrocarbonetos libera $CO_2$ e água, pergunta-se: quantos gramas de $CO_2$ são jogados na atmosfera pela queima de 1 L de gasolina?

Além dos hidrocarbonetos alifáticos, existem os aromáticos, que são hidrocarbonetos cíclicos com uma proporção de átomos de hidrogênio, em relação aos de carbono, menor do que nos alifáticos. Os mais conhecidos são o benzeno ($C_6H_6$) e o naftaleno ($C_{10}H_8$), ambos caracterizados por seu forte aroma. Esses compostos são insolúveis em água e possuem densidades ligeiramente superiores à da água, com exceção do benzeno, cuja densidade é de 0,88 g/mL. O benzeno é líquido, enquanto os demais são sólidos.



Benzeno Naftaleno

Todos esses hidrocarbonetos compõem o petróleo. São, portanto, matérias fósseis, de origem natural. Quando utilizados como combustível, liberam $CO_2$ e água, aumentando a concentração de dióxido de carbono na atmosfera e, consequentemente, contribuindo para a intensificação do efeito estufa. O efeito estufa é causado principalmente por gases, como o dióxido de carbono ($CO_2$), metano ($CH_4$) e vapor d'água, que retêm o calor na atmosfera.

Os combustíveis renováveis, como o álcool e o biodiesel, embora liberem dióxido de carbono durante a combustão, são produzidos a partir de plantas vivas, que absorvem o $CO_2$ da atmosfera. Dessa forma, não há um aumento líquido de $CO_2$ na atmosfera, já que a quantidade liberada na combustão é equivalente à absorvida pelas plantas para se desenvolveram. Por outro lado, o $CO_2$ liberado pela queima do petróleo provém de carbono retirado da atmosfera há milhões de anos, o que resulta em um aumento, atual, desse gás na atmosfera.

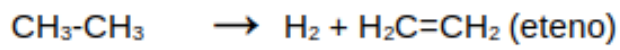
## 9.5 Química orgânica sintética: os plásticos

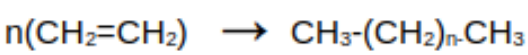
Como mencionado anteriormente, os hidrocarbonetos extraídos do petróleo, como o etileno, são utilizados como matéria-prima para a fabricação de diversos produtos, entre eles os plásticos.

Plásticos são polímeros, constituídos por grandes moléculas resultantes da união de pequenas unidades chamadas monômeros. Um exemplo é o polietileno (PE), utilizado como matéria-prima para a fabricação de garrafas e sacos. Tanto o polietileno de baixa densidade (PEBD) quanto o de alta densidade (PEAD) são derivados do etileno, um composto obtido a partir do petróleo.

O etileno (nome químico correto: eteno) é um hidrocarboneto com dois átomos de carbono ligados entre si por uma ligação dupla. Ele é obtido a partir do etano existente no petróleo. O etano é submetido a altas temperaturas na presença de um

catalisador metálico, como o paládio, conforme a equação da reação apresentada a seguir.




O eteno, quando submetido a calor e a diferentes catalisadores, pode originar dois tipos de polímeros: o polietileno de alta densidade (PEAD) e o polietileno de baixa densidade (PEBD). Esses polímeros diferem tanto no número de monômeros quanto em suas estruturas moleculares, podendo alcançar centenas de milhares de unidades monoméricas.

O PEAD é caracterizado por sua rigidez e resistência, sendo amplamente utilizado em produtos como garrafas e recipientes que exigem durabilidade. Por outro lado, o PEBD possui maior flexibilidade e é empregado na produção de filmes plásticos para embalar alimentos e outros materiais, destacando-se por sua leveza e maleabilidade.

O primeiro polímero sintetizado foi a baquelite, no início do século XX. Diversos tipos de monômeros passaram a ser utilizados na fabricação de polímeros. Com a descoberta de muitos poços de petróleo, a matéria-prima para plásticos tornou-se mais acessível, aumentando tanto a variedade quanto as aplicações desses materiais.

Atualmente, é difícil imaginar a vida sem plásticos. Porém, é essencial mudar rapidamente nosso consumo, já que esse material não se decompõe facilmente na natureza e a poluição causada por ele tornou-se prejudicial ao meio ambiente e aos seres vivos em geral. Como veremos a seguir, a natureza também é capaz de produzir polímeros. A celulose, o amido e o glicogênio, por exemplo, são polímeros derivados da glicose. O algodão, que é composto principalmente de celulose, também é um polímero natural. Esses polímeros, ao contrário dos plásticos sintéticos, são bem absorvidos pela natureza. Assim, os sacos plásticos feitos a partir de materiais como o amido ou celulose são biodegradáveis, o que significa que se decompõem naturalmente e não poluem o ambiente.

**Curiosidade**

O bicho-da-seda[a] é a larva da mariposa *Bombyx mori*, originária da China, e foi domesticado há cerca de 5.000 anos. Essa larva se alimenta exclusivamente das folhas de amoreira, pertencente aos gêneros *Morus e Broussonetia*. A sericicultura, que é o cultivo de Bombyx mori para a produção de seda, está amplamente disseminada ao redor do mundo. Os casulos do bicho-da-seda, que são formados por um único fio de até 1.000 metros, são compostos por um polímero de proteínas.

[a]Leia mais em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Bicho-da-seda;https://www.infoescola.com/insetos/bicho-da-seda/

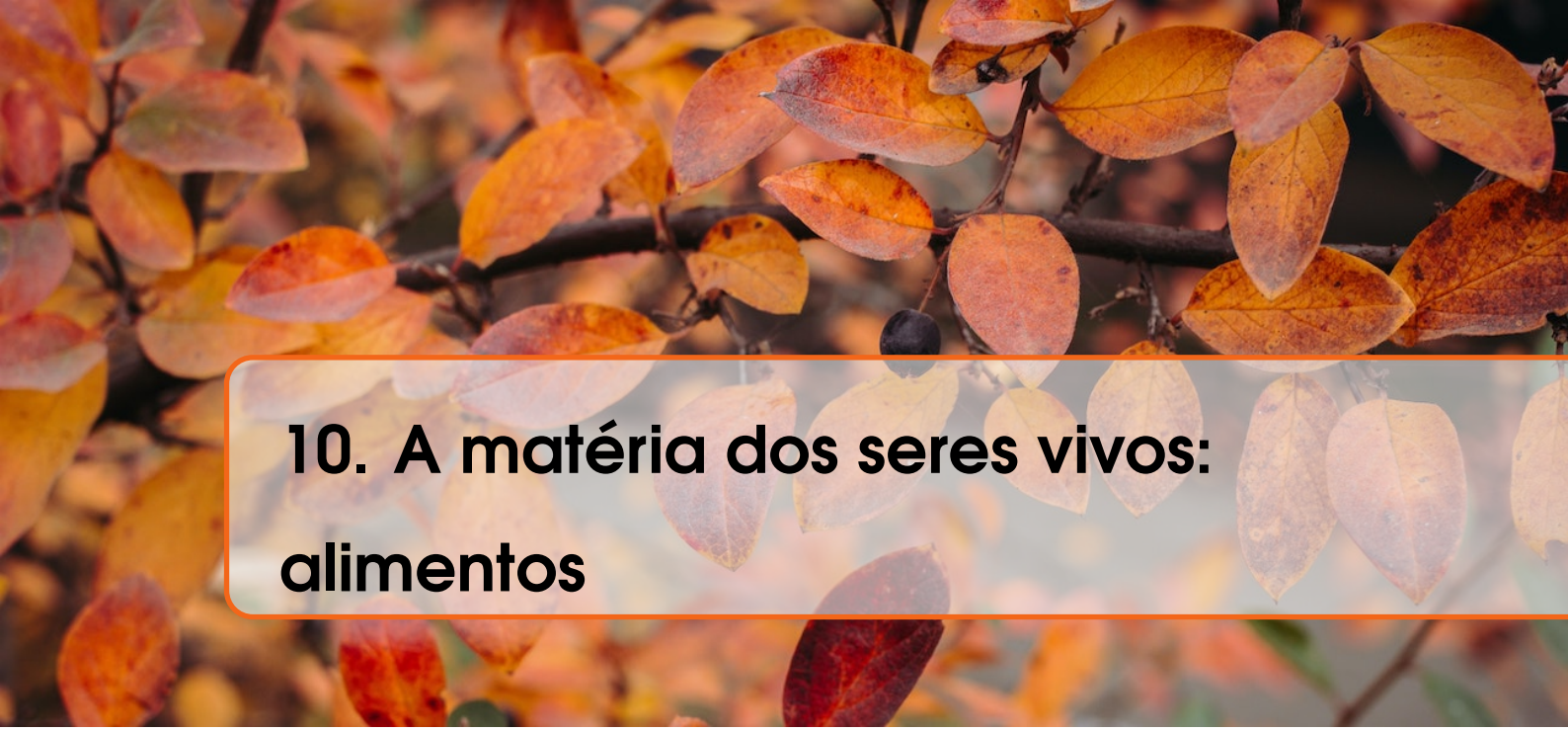
**Vamos pensar juntos?**

1. Explique por que o petróleo derramado no mar flutua.
2. Explique por que petróleos de diferentes locais têm composição química diferentes.
3. Represente a fórmula constitucional do pentadecano e do ciclooctano
4. Por que o átomo de carbono é tão especial?
5. Existe alguma relação entre o fato de o benzeno ser líquido e ser o hidrocarboneto aromático com a menor densidade?
6. Busque na internet o significado de *plástico verde*.

■

**Desafio**

– Procure na internet os pontos de ebulição e as densidades de alcanos lineares e verifique se existe alguma relação entre eles. Se houver, tente explicá-la.



# 10. A matéria dos seres vivos: alimentos

Existem milhões de substâncias orgânicas, desde as mais simples, como os hidrocarbonetos, até as mais complexas, como as proteínas. A grande maioria delas é composta por substâncias moleculares. Para facilitar o estudo, elas foram divididas em classes e subclasses com base na estrutura molecular.

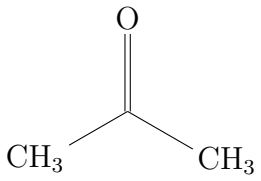
## 10.1 Substâncias Orgânicas

As substâncias que apresentam grupos de átomos semelhantes, Grupo Funcional, foram agrupadas em uma mesma classe, compartilhando algumas propriedades semelhantes. Além dos hidrocarbonetos, alguns exemplos dessas classes são apresentados a seguir.

**Álcoois** são substâncias que possuem o grupo $-OH$ ligado a um átomo de carbono alifático. Aqueles cujas moléculas contêm até 4 átomos de carbono são solúveis em água, enquanto os demais são insolúveis. Apresentam-se como líquidos e sólidos com pontos de ebulição (PE) maiores do que os dos hidrocarbonetos que possuem o mesmo número de átomos de carbono. Um exemplo de álcool é o etanol - também conhecido como álcool etílico-, $CH_3CH_2OH$. Seus nomes terminam sempre com o sufixo "*ol*". A atração entre suas moléculas decorre das ligações de hidrogênio.

**Cetonas** são substâncias que apresentam o grupo funcional C=O, no qual o átomo de carbono está ligado a dois outros átomos de carbono. Seus nomes terminam

com o sufixo "*ona*". Um exemplo de cetona é a propanona, conhecida como acetona.

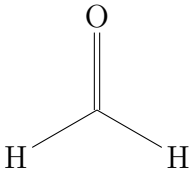



Estrutura da propan-2-ona,
também conhecida como propanona ou acetona

Esses compostos podem ser líquidos ou sólidos, com PE maiores do que os hidrocarbonetos, mas inferiores aos dos álcoois que possuem o mesmo número de átomos de carbono. A atração entre as moléculas de cetonas ocorre devido à presença de dipolos na molécula, onde o oxigênio carrega um polo negativo.

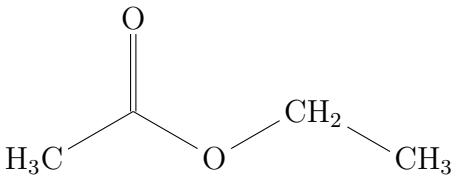
**Ácidos carboxílicos** são substâncias que possuem o grupo funcional $-C(O)OH$, em que o carbono da carboxila está ligado a outro átomo de carbono por uma ligação simples. São encontradas em estado líquido ou sólido, dependendo da estrutura, e seus nomes terminam com o sufixo "*óico*". Um exemplo comum é o ácido etanoico (também chamado de ácido acético), que é o principal componente responsável pelo cheiro e sabor característicos do vinagre.

Essas substâncias quando em solução aquosa, liberam o íon $H^+$ formando o $(H_3O^+)$ sendo, portanto, substâncias ácidas. Aldeídos são substâncias definidas pelo grupo $-CHO$ com o carbono ligado por uma ligação dupla ao oxigênio – carbonila – e uma ligação simples ao hidrogênio. Seus nomes terminam com o sufixo "I", como no caso do metanal. O metanal, também conhecido como aldeído fórmico, é amplamente utilizado na fabricação de desinfetantes e plásticos. Além disso, quando diluído em solução aquosa a cerca de 40%, é denominado formol ou formalina, sendo essencial para a conservação de cadáveres, no processo de embalsamamento.




Estrutura do metanal, também conhecido como formaldeído

**Ésteres** são substâncias caracterizadas pelo grupo funcional $-C(O)O-$, o qual está ligado a cadeias carbônicas pelo átomo de carbono e por um dos oxigênios. Essas substâncias podem ser líquidas ou sólidas, e seus nomes terminam com o sufixo "*ato*", seguido pelo nome do hidrocarboneto ligado ao oxigênio, que termina em "*ila*". Os ésteres estão amplamente presentes na natureza, especialmente em alimentos, frutas, flores e em diversos produtos de origem natural, entre outros. Eles são responsáveis por muitos aromas e sabores característicos. Um exemplo é o etanoato de etila, conhecido como acetato de etila, que é utilizado como removedor de esmaltes. O biodiesel é um éster, obtido da reação de triglicerídeos com etanol. Veremos adiante o que são triglicerídeos.



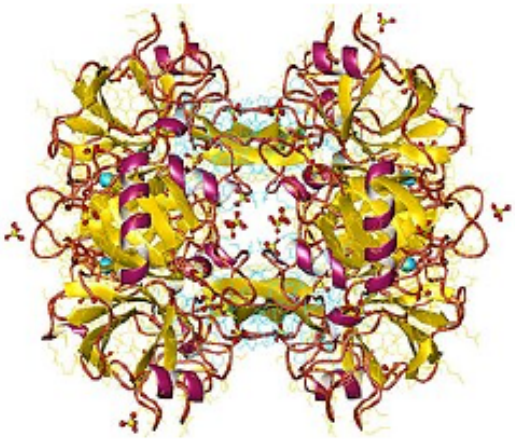

Acetato de etila

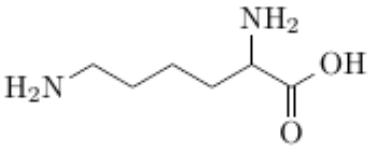
**Vamos pensar juntos?**

1. O butanoato de etila é a principal substância odorífera da manga. A partir de que ácido e de que álcool ele é formado? Escreva a reação de sua obtenção.

■

Aminas são substâncias que possuem o grupo funcional $-NH_2$, no qual o átomo de nitrogênio está ligado a um átomo de carbono. Elas podem ser líquidas ou sólidas, e muitas apresentam um cheiro forte e desagradável. Um exemplo é a putrescina (1,4-diaminobutano), $H_2N-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$. Esta substância é conhecida por seu odor característico, associado à decomposição de matéria orgânica. Em uma mesma molécula, podem existir mais de um grupo funcional, sejam iguais ou diferentes. Por exemplo, os carboidratos são substâncias cujas moléculas contêm vários grupos -OH, sendo classificados como polióis. Já as proteínas são polímeros formados por aminoácidos, moléculas que possuem tanto um grupo amino ($-NH_2$) quanto um grupo carboxila, $-C(O)OH$. A seguir são mostrados a fórmula estrutural plana do amino ácido lisina e um modelo molecular da proteína tripsina.




Modelo da proteína Tripsina e à direita, fórmula estrutural do amino ácido Lisina.

As substâncias que compõem a nossa alimentação possuem moléculas complexas, não sendo possível compreender suas fórmulas estruturais sem maiores conhecimentos químicos. Fórmulas estruturais são representações bidimensionais, de modelos tridimensionais, que os químicos propõem para estudar estruturas moleculares as quais ainda não conseguem visualizar. A seguir, exploraremos os alimentos sem recorrer ao uso dessas fórmulas estruturais.

## 10.2 Os alimentos

As plantas, algas e algumas bactérias têm a capacidade de produzir seus próprios alimentos a partir da água, absorvida pelas raízes, e do dióxido de carbono absorvido da atmosfera, utilizando a energia solar neste processo. Esse processo é catalisado pela clorofila e outros compostos e começa com a fotossíntese.

Os vegetais produzem principalmente carboidratos e gorduras, além de pequenas quantidades de proteínas. Já os animais não são capazes de produzir carboidratos. Os herbívoros conseguem sintetizar várias substâncias, incluindo proteínas, a partir das plantas que ingerem. O ser humano, por sua vez, consome tanto produtos de origem animal quanto vegetal, sendo um animal omnívoro. Alimento, derivado do latim *alimentum*, é qualquer substância usada pelos seres vivos como fonte de matéria e energia, essencial para funções vitais como crescimento, movimento e reprodução. Os humanos também consomem outras substâncias que não são indispensáveis às funções biológicas, como corantes, temperos e conservantes, frequentemente adicionados aos alimentos.

Para que o organismo preserve suas funções vitais, como crescimento, produção de energia, reparação de tecidos e regulação dos processos metabólicos, é essencial que os alimentos ingeridos forneçam nutrientes com funções específicas e quantidades adequadas. Sob o ponto de vista dos nutrientes, os alimentos podem ser classificados em **macronutrientes** e **micronutrientes**, com base na quantidade necessária pelo organismo e nas funções específicas que essas substâncias desempenham.

## 10.3 Macronutrientes

Os macronutrientes são necessários em grandes quantidades e fornecem a maior parte da energia ao organismo. Eles desempenham papéis essenciais no crescimento, reparação de tecidos e no fornecimento de energia. Os macronutrientes incluem:

i) **Carboidratos**: Fonte primária de energia para o corpo;

ii) **Proteínas**: Essenciais para a construção e reparação de tecidos;

iii) **Gorduras**: Fonte concentrada de energia, essenciais para a absorção de vitaminas lipossolúveis e para a proteção dos órgãos;

iv) **Água**: Embora não forneça calorias, é vital para as funções metabólicas e para a manutenção da homeostase.

## 10.4 Micronutrientes

Os micronutrientes são necessários em quantidades menores, mas são igualmente essenciais para diversas funções biológicas, incluindo a regulação de processos metabólicos e a manutenção de funções vitais. Os micronutrientes incluem:

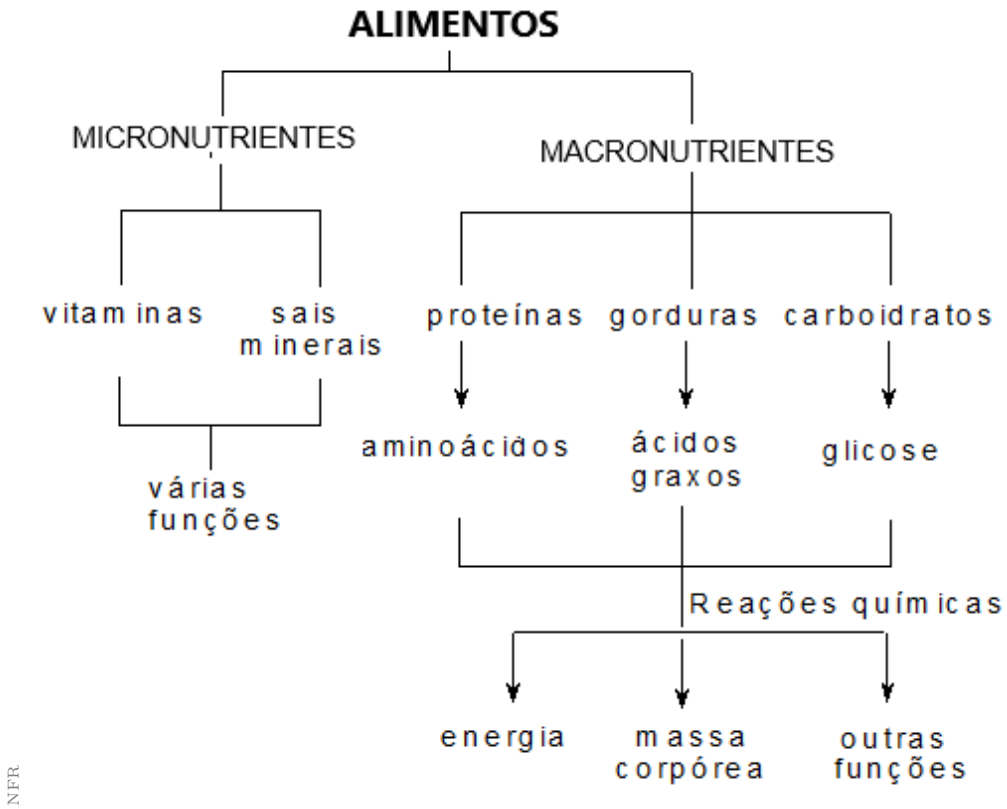
i) **Vitaminas**: Como a vitamina A, C, D, E e as do complexo B, que ajudam a regular o metabolismo e a função do sistema imunológico;

ii) **Minerais**: Como ferro, cálcio, potássio, magnésio e zinco, essenciais para o funcionamento de diversas enzimas e processos metabólicos, que para serem absorvidos são ingeridos na forma de sais ou de óxidos.

Essa classificação ajuda a entender melhor as necessidades do corpo e a importância de uma alimentação balanceada. Os macronutrientes são os que fornecem energia de forma direta, enquanto os micronutrientes são fundamentais para processos mais específicos e de regulação no organismo.

Os macronutrientes passam por uma série de reações no organismo que garantem sua assimilação, contribuindo assim para a manutenção da vida. Eles são utilizados como matéria-prima para o aumento da massa corpórea e, quando oxidados, liberam energia necessária para a realização das diversas funções e tarefas do corpo. Além disso, essa energia também é utilizada para promover transformações químicas essenciais ao metabolismo.

Assim, os alimentos nos fornecem energia, massa corpórea e uma série de outras substâncias, que desempenham as mais diversas funções. Para isso, os macronutrientes – carboidratos, gorduras e proteínas – são inicialmente degradados em açúcares, ácidos graxos e aminoácidos, conforme esquematizado a seguir. Essa degradação permite que os alimentos sejam absorvidos pela corrente sanguínea e, assim, distribuídos pelo corpo para cumprir suas diversas funções.



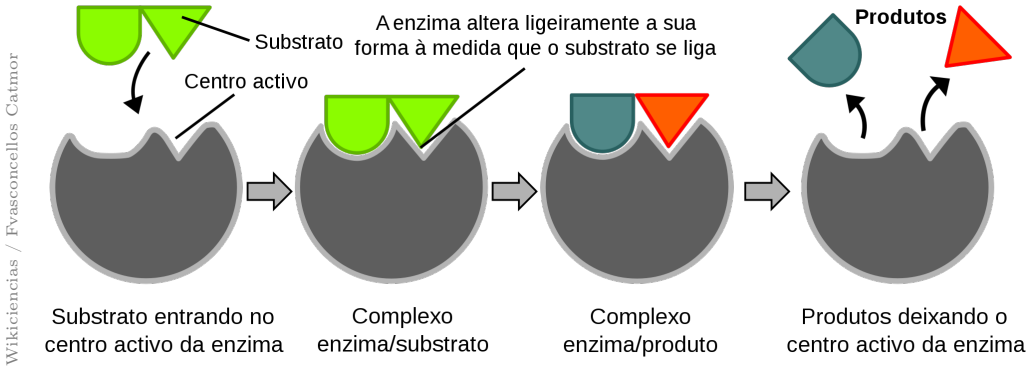

Resumindo: a digestão consiste na quebra de grandes moléculas presentes nos alimentos, realizada por enzimas, permitindo que as moléculas menores formadas atravessem as paredes intestinais. Mas, afinal, o que são enzimas?

Para que ocorra uma transformação química, especialmente em substâncias moleculares, como a maioria das presentes no organismo humano, é necessário fornecer uma energia inicial para a ruptura das ligações químicas. Em laboratórios e indústrias, essa energia geralmente é disponibilizada na forma de calor. Além disso, muitas reações químicas exigem um ambiente ácido ou básico para ocorrerem. Nesse contexto, ácidos, bases e outras substâncias atuam como catalisadores, que são responsáveis por facilitar e acelerar reações químicas sem modificar os produtos finais obtidos.

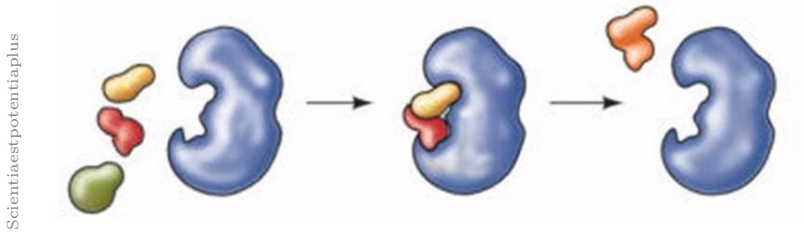
O nosso corpo mantém uma temperatura relativamente baixa, cerca de 36,5°C. Diante disso, como ocorrem as reações biológicas que precisam de uma energia inicial? É nesse contexto que entram as enzimas – a maioria pertence à classe das proteínas. Cada enzima é especializada em catalisar uma reação específica. Essa alta especificidade deve-se à organização dos átomos em sua estrutura molecular, uma característica das proteínas. Por isso, essas biomoléculas desempenham um papel fundamental no metabolismo e em outros processos vitais.

Uma das formas de classificar as enzimas é com base no tipo de reação que elas catalisam. Elas podem catalisar uma síntese, ou seja, a união de duas ou mais moléculas; neste caso, recebem o nome de enzimas sintetases. Quando catalisam a quebra (lise) de uma molécula, são chamadas de enzimas líticas. O nome das enzimas geralmente termina com o sufixo ase. Por exemplo, a lactase é a enzima responsável por quebrar a lactose, um carboidrato presente no leite. A deficiência dessa enzima pode causar problemas que impedem a pessoa de consumir leite ou derivados lácteos.

A seguir, mostramos o desenho de um modelo de enzima lítica. A enzima possui um local ativo que atrai a molécula (substrato) a ser quebrada. Essa atração intermolecular forma um complexo enzima-substrato. Além do substrato, no caso de uma hidrólise, ocorre também a entrada de uma molécula de água. Uma vez quebradas as ligações, as substâncias resultantes não se adequam mais à forma da enzima e são expelidas.




As enzimas sintetase aproximam as moléculas que vão reagir de modo que os elétrons envolvidos na transformação fiquem suficientemente próximos. Ao se aproximarem, eles podem se sobrepor formando a nova ligação, logo, uma nova molécula que não mais se adequa a forma da enzima, como mostra a representação do modelo a seguir.




Enzimas são, assim, catalisadores biológicos responsáveis pela grande maioria das reações que acontecem nos organismos vivos. Voltando aos macronutrientes, vamos conhecê-los melhor por meio da leitura das informações nutricionais presentes nos rótulos dos alimentos.

## 10.5 Analisando um rótulo de alimento

Os rótulos alimentares oferecem informações essenciais, como ingredientes, calorias, validade, nutrientes e alertas, desempenhando um papel fundamental na promoção da saúde pública. Eles ajudam os consumidores a fazerem escolhas alimentares mais conscientes e adequadas às suas necessidades. Por isso, interpretar os rótulos é indispensável para manter uma alimentação saudável e segura. A Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) é o órgão responsável por determinar

quais informações devem estar presentes nos rótulos dos alimentos, garantindo a qualidade dos produtos e a proteção da saúde da população. Para mais detalhes, visite: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/rotulagem.

Ao analisar as informações nutricionais de um alimento, diversas perguntas podem surgir. Vamos explorar esses dados considerando o feijão preto cru, a margarina cremosa com sal, o leite integral e a maionese.

| Informações nutricionais | Feijão preto cru, 60g | | Maionese, 100g | | Leite integral, 200mL | | Margarina, 12g | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | QP | %VD* | QP* | %VD* | QP | %VD | QP | %VD* |
| Valor energético (Kcal)<br>Valor energético (kJ) | 198<br>829 | 10 | 317 | 2 | 118<br>494 | 6 | 38<br>159 | 2 |
| Carboidratos totais (g) | 32 | 11 | 6,3 | 0 | 8,8 | 3 | 0,8 | |
| Açucares totais (g) | 0 | 0 | 3,1 | 0,4 | 8,8 | | 0,4 | |
| Açucares adicionados (g) | 0 | 0 | 3 | 0,4 | 0 | 0 | 0,4 | 1 |
| Proteínas (g) | 13 | 17 | 0,9 | 0,1 | 6,2 | 12 | 0,1 | 0 |
| Gorduras totais (g) | 0 | 0 | 32 | 3,8 | 6,4 | 10 | 3,8 | 6 |
| Gorduras saturadas (g) | 0 | 0 | 5,4 | 0,6 | 4 | 20 | 0,6 | 3 |
| Gorduras trans (g) | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | |
| Gordura monoinsaturada (g) | 0 | 0 | | | | | | |
| Gordura polinsaturada (g) | 0 | 0 | | | | | | |
| Fibras alimentares (g) | 16 | 64 | | | 0 | 0 | | |
| Sódio (mg) | 0 | 0 | 792 | 5 | 126 | 6 | 95 | 5 |
| Cálcio (mg) | | | | | 300 | 30 | | |
| Ferro (mg) | | | | | 4,2 | 30 | | |

Tabela da Composição Nutricional. *%VD=Valores diários de referência com base em uma dieta de 2000kcal ou 8400kJ; QP=Quantidade por porção

Os Valores Diários de Referência (VDR) são parâmetros nutricionais que indicam a quantidade média de energia e nutrientes que uma pessoa saudável deve consumir diariamente para atender às necessidades básicas do organismo.

## 10.6 Como se mede a energia contida nos alimentos?

A unidade usada para informar a quantidade de energia contida em um alimento é a caloria. Uma caloria é, por definição, a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5 °C até 15,5 °C. Esse valor corresponde no SI (Sistema Internacional de Unidades) a 4,18 J e é chamado de calor específico. Uma quilocaloria (Kcal) equivale a mil calorias.

Retornando aos alimentos, é possível avaliar a quantidade de energia que eles liberam ao serem metabolizados pelo nosso organismo. Essa avaliação é realizada com base na premissa de que a energia liberada durante a combustão é a mesma que ocorre na biotransformação desses alimentos em nosso corpo.

Essa afirmação é válida uma vez que a liberação de energia considera apenas o estado inicial da transformação (energia dos reagentes) e o estado final (energia dos produtos), sem levar em conta o caminho percorrido pelas substâncias até se tornarem os produtos finais. Durante a metabolização, os alimentos se transformam, por meio da respiração celular, em $CO_2$ e água, de forma semelhante ao processo de combustão.

A medição da quantidade de calorias dos alimentos pode ser realizada de duas maneiras: em um calorímetro ou utilizando tabelas de composição nutricional, que fornecem a quantidade de kcal com base nos macronutrientes presentes no alimento.

No primeiro caso, trata-se de um dispositivo que quantifica a energia liberada durante a queima do alimento em um sistema termicamente isolado. Esse processo ocorre por meio do aquecimento de uma quantidade específica de água, provocado pelo calor gerado na combustão do alimento.

Sabendo-se a massa da água e seu calor específico (4,18 cal/g °C ), e sendo possível medir a variação de temperatura entre os valores inicial e final, é viável determinar a quantidade de energia, sob a forma de calor, liberada pela combustão de uma determinada quantidade do alimento. Portanto, a quantidade de energia em calorias (Q) liberada durante a combustão de uma amostra do alimento será:

$Q = 4,18 \times m \times \Delta T$, onde:

Q é a energia liberada;

$4,18$ é o calor específico da água (cal/g °C);

m é a massa de água (g);

$\Delta T$ ($T_{final}$ - $T_{inicial}$) é a variação de temperatura (°C)

Para alimentos que não são analisados diretamente em calorímetros, usa-se a Tabela de Composição Nutricional para estimar a quantidade de kcal de um alimento. Essas tabelas fornecem a quantidade de proteínas, carboidratos e gorduras presentes em uma porção do alimento, e a partir dessas informações, calcula-se a energia total com base nos seguintes valores energéticos: Proteínas: 4 kcal/g; Carboidratos: 4 kcal/g; Gorduras: 9 kcal/g; Álcool (quando presente): 7 kcal/g.

Vamos supor que temos um alimento com a seguinte composição por porção de 100 g: Proteínas: 10 g, Carboidratos: 20 g, Gorduras: 5 g. O restante da massa é água.

Agora, calculamos a energia total:

Energia das proteínas: $10 \times 4 = 40$ kcal

Energia dos carboidratos: $20 \times 4 = 80$ kcal

Energia das gorduras: $5 \times 9 = 45$ kcal

Energia total $= 40 + 80 + 45 = 165$ kcal

Se esse alimento também contivesse 2 g de álcool, calcularíamos:

Energia do álcool: $2 \times 7 = 14$ kcal

Energia total final: $165 + 14 = 179$ kcal

Esse é um exemplo prático de como se estima o valor energético de um alimento com base na Tabela de Composição Nutricional.

## 10.7 O que são carboidratos?

Como mencionado anteriormente, carboidratos são substâncias cujas moléculas são constituídas por uma cadeia carbônica e diversos grupos hidroxilas (OH). Na maioria deles, a fórmula mínima é $C_nH_{2n}O_n$, ou seja, para cada átomo de carbono, existe um número de átomos de hidrogênio e de oxigênio equivalentes a uma molécula de água, daí o seu nome.

Analisando os carboidratos, estes podem ser monômeros, como a glicose, dímeros, como a sacarose, e polímeros, como a celulose. Os dois primeiros são considerados açúcares. Os principais monômeros têm seis átomos de carbono e se diferenciam pelas posições dos grupos OH. Entre eles estão a glicose, a frutose e a galactose, cujas fórmulas moleculares são iguais ($C_6H_{12}O_6$).

A sacarose, o nosso açúcar, é um dímero da glicose com a frutose. A lactose é um dímero da glicose com a galactose. Nessa união, chamada dimerização, há perda de uma molécula de água, formando-se o dímero com fórmula mínima $C_{12}H_{22}O_{11}$. Como já mencionado, a ausência, no nosso organismo, da enzima lactase, que hidrolisa (quebra pela água) a lactose em glicose e galactose, provoca a intolerância à lactose, resultando em sérios distúrbios intestinais.

$$\text{Glicose} + \text{Frutose} \longrightarrow \text{Sacarose} + H_2O$$
$$\text{Glicose} + \text{Galactose} \longrightarrow \text{Lactose} + H_2O$$

Alguns polímeros naturais são formados por grandes cadeias de monômeros, como a glicose. Essa união se dá da mesma forma que a dimerização, havendo a perda de uma molécula de água para cada união. Os principais polímeros dos vegetais são o amido e a celulose. O amido, presente em raízes e tubérculos, como a batata; nos cereais, sementes comestíveis de plantas da família das gramíneas, como arroz, aveia e trigo e nas leguminosas, como o feijão e a ervilha, é um carboidrato assimilável pelo nosso organismo. A celulose, presente sobretudo nas verduras, não é assimilável através da digestão e constitui a fibra alimentar.

Assim, os monômeros, dímeros e polímeros constituem os carboidratos, que são as fontes principais de energia para a nossa sobrevivência.

## 10.8 O que são proteínas?

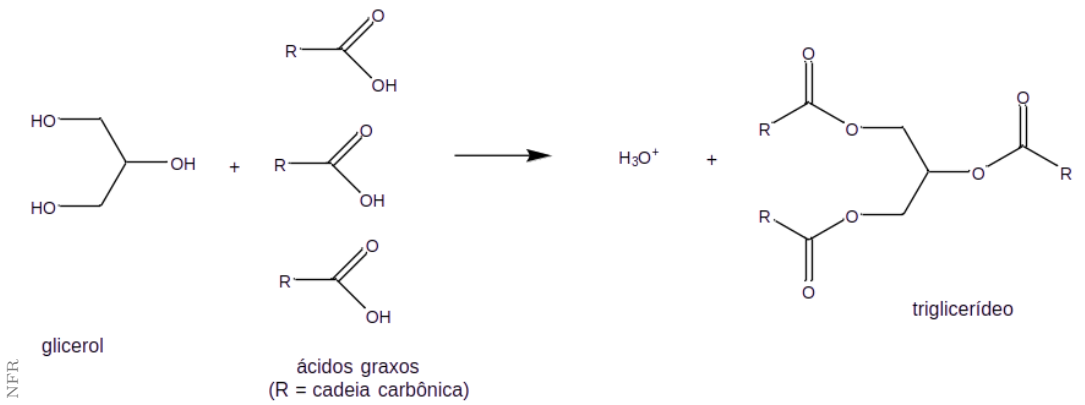
As proteínas são as moléculas orgânicas mais abundantes e importantes de nossas células, constituindo cerca de 50% do nosso peso seco. Existem muitos tipos de proteínas, cada um especializado em uma função biológica. São os constituintes básicos da vida. As enzimas, que catalisam os processos biológicos, são proteínas. As proteínas predominam nos animais, mas também estão presentes nos vegetais, como visto nas informações nutricionais do feijão.

As proteínas são macromoléculas (polímeros) cujos monômeros são aminoácidos. Como o nome indica, essas moléculas possuem um grupo amino ($-NH_2$) e um grupo ácido carboxílico ($-COOH$). O aminoácido mais simples é a glicina ($H_2N-CH_2-COOH$). Dos 20 aminoácidos essenciais à vida, o organismo de um adulto não produz oito. Dessa forma, esses devem ser supridos pela alimentação, sobretudo por alimentos de origem animal. Alguns vegetais são ricos em proteínas, como o feijão a soja e a lentilha.

O prato com feijão e arroz é um exemplo de complementação proteica, pois combina aminoácidos essenciais. Embora o arroz não seja uma fonte rica de proteína, ele é rico em metionina, mas pobre em lisina, enquanto o feijão é rico em lisina, mas possui pouca metionina. Juntos, formam uma fonte proteica mais completa, essencial para uma alimentação equilibrada. A combinação de proteínas vegetais com perfis de aminoácidos diferentes, mas complementares, contribui para melhorar a qualidade do alimento ingerido.

## 10.9 O que são gorduras?

Gorduras, quimicamente chamadas de triglicerídeos, são os nutrientes mais calóricos de todos, por isso devemos consumi-las com moderação. O que significam gordura *cis*, gordura *trans*, gordura saturada, gordura monoinsaturada e gordura poli-insaturada? Essa diversidade se deve às diferentes estruturas moleculares das gorduras. Embora não sejam polímeros, elas são moléculas grandes, compostas por três ácidos graxos com cadeias carbônicas de cerca de 18 átomos de carbono, ligados a um tri-álcool, o glicerol. Nessa união, formam-se três grupos ésteres. As diferenças mencionadas estão relacionadas à estrutura da cadeia carbônica dos ácidos. Com o que aprendemos até aqui, podemos compreender as fórmulas estruturais dos triglicerídeos, que veremos a seguir.




Na cadeia carbônica dos ácidos saturados que formam a gordura saturada — sólida à temperatura ambiente — todos os carbonos estão ligados a dois hidrogênios e o terminal a três, ou seja, não existem ligações duplas na molécula:

$$CH_3-(CH_2)n\text{-}COOH$$

Triglicerídeos saturados predominam em carnes, manteiga, queijos e estão presentes em produtos vegetais como óleo de coco e do azeite de dendê (Óleo de Palma). Seu consumo em excesso pode estar relacionado ao aumento do colesterol ruim, o LDL, e como consequência ao aparecimento de placas de colesterol nas artérias e veias.

O colesterol é uma substância sintetizada por animais. Cerca de 70% do colesterol no nosso organismo é produzido no fígado, enquanto os outros 30% provêm da alimentação. Não existe colesterol em plantas, portanto, ele também não está presente em óleos vegetais. Ele se encontra principalmente em carnes gordurosas, pele de frango e frutos do mar. O colesterol é uma substância importante, com diversas funções no nosso organismo. Trata-se de uma substância orgânica com 27 átomos de carbono e um átomo de oxigênio, sendo sólida e insolúvel em água. Como o sangue é uma solução coloidal aquosa, para que o colesterol seja transportado pela corrente sanguínea, é necessário que ele se ligue a proteínas.

No bom colesterol (HDL), essas proteínas são mais densas do que no LDL, facilitando o transporte do colesterol. O colesterol é uma molécula única, ou seja, ele existe como uma única estrutura química. Não existem "múltiplas moléculas de colesterol". As diferentes denominações se referem se às moléculas as quais ele está

ligado. LDL = sigla em inglês para lipoproteínas de baixa densidade. HDL = sigla em inglês para lipoproteínas de alta densidade.

As gorduras trans não são fabricadas por organismos vivos. Elas são produtos secundários de reações realizadas com os óleos vegetais que possuem, predominantemente, gorduras líquidas, mono e poli-insaturadas (uma insaturação corresponde a presença de uma ligação dupla carbono-carbono). As gorduras dos óleos naturais têm as ligações duplas na forma cis.

As reações com as gorduras vegetais têm o intuito de tornar os óleos em substâncias pastosas, como na margarina e nos recheios de biscoitos, ou seja, tornar a gordura parcialmente saturada. Vários outros produtos podem conter gorduras trans como salgadinhos e sopas industrializadas. A mesma advertência feita com a gordura saturada é feita com a trans, sendo que neste caso, existem várias pesquisas que confirmam o aumento do colesterol LDL, em função da ingestão da gordura trans.

Os óleos e azeites são constituídos sobretudo por triglicerídeos mono e poli-insaturados e são as gorduras cujo uso é recomendado pelos médicos. Esses triglicerídeos possuem em sua cadeia carbônica dois ou mais carbonos ligados a apenas um hidrogênio, pois possuem duas ligações entre dois átomos de carbono. Logo são carbonos insaturados, pois podem receber mais um átomo de hidrogênio cada. Estes átomos de hidrogênio estão do mesmo lado da molécula nas gorduras cis existentes nos óleos e azeites. Cada ligação dupla entre dois carbonos é uma insaturação. Para saturar e formar as gorduras saturadas e sólidas é feita uma reação adicionando-se hidrogênio. É nessa reação, que podem aparecer as gorduras trans, como produtos indesejáveis. Nessas, os dois hidrogênios dos carbonos com ligação dupla estão em lados opostos. Essas substâncias, portanto, não são naturais.

Para concluir, carboidratos, proteínas, gorduras, vitaminas e outros nutrientes são essenciais em nossa alimentação, que deve ser equilibrada para garantir uma boa saúde.

**Curiosidade**

Por que a gordura engorda mais do que o carboidrato?

Tabelas de nutrição que mostram os valores calóricos de alimentos indicam que o consumo de 100 g de carboidrato fornece cerca de 400kcal (1675 kJ), enquanto a mesma quantidade de gordura fornece cerca de 900kcal (3765 kJ). Ou seja, a diferença energética entre estes alimentos é de 500 Kcal para cada 100 g de alimento.

Recordando, no processo biológico, os alimentos são metabolizados em $CO_2$ e $H_2O$, liberando energia que é utilizada pelo corpo humano para diversas atividades. Na combustão, os alimentos são queimados, também se transformando em dióxido de carbono e água, mas por um caminho diferente, liberando energia na forma de calor. Um carboidrato, cuja molécula é formada pela união de cinco moléculas de glicose, tem uma fórmula molecular (FM) de $C_{30}H_{52}O_{26}$ e uma massa molar de 828 g/mol. Um triglicerídeo (gordura) formado por ácidos graxos monoinsaturados tem FM de $C_{53}H_{96}O_6$ e, também, massa molar de 828 g/mol. Pela equação da reação de combustão, mostrada abaixo, observamos que a quantidade de dióxido de carbono e de água formada, nos dois casos, é bem diferente.

A energia liberada na combustão resulta da diferença entre a energia liberada pela formação das moléculas de água e dióxido de carbono e a energia consumida na quebra total das ligações das moléculas reagentes. Cada grupo $CH_2$ oxidado a $CO_2$ e $H_2O$ libera cerca de 158 kcal/mol, sendo aproximadamente 96 kcal/mol relativos à formação do dióxido de carbono e 62 kcal/mol relativos à água. Esses valores consideram tanto a energia necessária para quebrar as ligações quanto a energia liberada pela formação das novas ligações.

$$C_{30}H_{52}O_{26} + 30\,O_2 \longrightarrow 30\,CO_2 + 26\,H_2O$$
$$C_{53}H_{96}O_6 + 71\,O_2 \longrightarrow 53\,CO_2 + 46\,H_2O$$

Assim, nas gorduras, como nos alcanos, as cadeias metilênicas $(CH_2)n$ liberam uma grande quantidade de calor pela formação de $CO_2$ e $H_2O$. No caso dos carboidratos, parte da massa da molécula é devido à presença de átomos de oxigênio, e não de carbono, o que não aumenta o número de moléculas de $CO_2$ e $H_2O$ produzidas. Portanto, a quantidade de energia liberada na combustão dos carboidratos é menor, tornando-os, assim, menos energéticos. A presença dos muitos átomos de oxigênio nas moléculas dos carboidratos é, portanto, a principal causa de seu menor poder calorífico, ou seja, da menor energia liberada na combustão.

**Vamos pensar juntos?**

1. Por que as cetonas têm ponto de ebulição (PE) menor que os álcoois e maior que os hidrocarbonetos com o mesmo número de átomos de carbono?
2. Com o que foi mostrado no texto, proponha a fórmula estrutural do biodiesel.
3. Relacione o fato das gorduras engordarem mais que os carboidratos ao aquecimento global que é provocado sobretudo pelo $CO_2$, que não é decomposto na atmosfera. O $CO_2$, na atmosfera, é incorporado a organismos através da fotossíntese, processo que pode levar até 200 anos.
4. Questões para prevenir o excesso de calorias nas refeições:

   (i) Você deve ingerir no máximo 4.180 kJ no almoço. No entanto, um pouco antes, você comeu um saco de salgadinhos de 200 g, no qual estava escrito: "Calorias por 100 g = 350 Kcal". Quantas calorias em kJ você pode comer agora no almoço?

   (ii) O calor liberado pela combustão de 10 g de macarrão cru elevou a temperatura de 100 mL de água em 80 °C. Você comeu um prato correspondente a 100 g desse macarrão cru. Quantas calorias em Kcal você ingeriu?

**Desafio**

– Considere que 1 g de carboidrato libera aproximadamente 4 Kcal, 1 g de proteína libera 4 Kcal e 1 g de gordura libera 9 Kcal. As fibras não liberam calorias. Monte uma refeição que forneça cerca de 1.000 Kcal. Para montar a refeição, consulte as informações calóricas nas embalagens dos alimentos. Lembre-se de que fibras não liberam calorias e que alimentos cozidos contêm muita água, o que aumenta a massa do alimento.

# Posfácio

## A Química nos séculos XX e XXI

O conhecimento químico, ou Ciência Química, está em constante evolução. No século XX, a Química teve avanços extraordinários, começando com a descoberta da radioatividade e, logo após, com a nova proposta para o átomo baseada na teoria quântica e nos meados do século com a descoberta do código genético.

Na nova proposta para o átomo, os elétrons não circulam em órbitas como sugerido por Bohr, mas estão em espaços tridimensionais chamados de orbitais, que possuem formas diferentes. Cada orbital pode conter no máximo dois elétrons com energias definidas. Quanto mais afastados do núcleo, maior será a energia desses elétrons. Os elétrons envolvidos nas ligações químicas são os mais afastados do núcleo. Esse novo modelo permitiu explicar fenômenos que o modelo de Bohr não conseguia, como, por exemplo, as cores.

Além dessas descobertas, houve vários avanços na área da saúde. A descoberta das sulfas e das penicilinas que possibilitou a cura de infecções bacterianas; a pílula anticoncepcional, os anti-inflamatórios esteroidais e muitos outros avanços.

Essas descobertas aumentaram a expectativa de vida humana em cerca de 30 anos, passando de uma média de 45 anos no século XIX para 75 anos no século XX. Para coroar o século, a descoberta da estrutura do DNA abriu possibilidades para uma grande variedade de pesquisas, incluindo a investigação de paternidade.

As inovações tecnológicas também foram significativas. A descoberta dos semi-condutores de silício na fabricação de chips revolucionou a comunicação no mundo. Como foi visto, o silício é um elemento químico abundante na Terra, mas seus minerais são de difícil purificação para serem utilizados como semi-condutor. Nesses a pureza do elemento deve ser muito alta.

Além do silício, o nióbio e as terras raras, ambos recursos naturais existentes no Brasil, tem sido usados nas indústrias de alta tecnologia, como na fabricação de ligas metálicas de alta resistência, utilizadas em aeronaves, e na fabricação de carros elétricos.

Para continuar com essa lista, que não é exaustiva, devemos mencionar a petroquímica. Com a descoberta do petróleo, que no Brasil ocorreu na primeira metade do século passado, além dos combustíveis, uma gama de materiais passou a ser obtida a partir do óleo, principalmente os plásticos. As Ciências Química, Física, Biologia e Matemática são as bases dessas descobertas, que são consequências do conhecimento da estrutura da matéria. E, como mencionamos no início, o que existe é a matéria, não a Química. O ser humano poluiu o Planeta Terra, principalmente com o uso indiscriminado de matérias fósseis, e agora é necessário tentar resolver esse grande problema. Nesse contexto, não poderíamos encerrar este livro sem mencionar as novas pesquisas realizadas pelos químicos no final do século XX e início do século XXI.

Entre essas pesquisas, a Química Verde envolve estudos para que materiais e substâncias produzidos por processos poluentes sejam fabricados de forma a não poluir o ambiente. Por exemplo, estudos recentes[1] mostram que é possível sintetizar substâncias orgânicas utilizando água como solvente, em vez de solventes orgânicos altamente poluidores. A produção de biocombustíveis também é uma forma de mitigar a poluição causada pelos combustíveis fósseis.

[1]Sai o Petróleo entra a água: nasce uma nova química. Carmo Gallo Netto , **Jornal da UNICAM**. Edição 704 de 02/04/2024.

O biocombustível, ao ser queimado, libera $CO_2$ na atmosfera, mas a quantidade liberada é igual a que foi absorvida pela planta durante a biossíntese das substâncias que vão gerar os biocombustíveis. Isso significa que não há aumento líquido de $CO_2$ na atmosfera. Por exemplo, a cana-de-açúcar, ao biossintetizar a sacarose, que produz o álcool etílico, retira da atmosfera a mesma quantidade de $CO_2$ que o álcool libera ao ser queimado.

O combustível denominado hidrogênio verde se encaixa na proposta da Química Verde, pois utiliza água para produzir hidrogênio, em vez de substâncias fósseis.

Outro esforço importante dos químicos é no sentido de desenvolver plásticos biodegradáveis para serem usados em sacolas ou outros recipientes. Os plásticos, embora tenham facilitado nossa vida, mostram-se altamente poluentes, pois não são biodegradáveis e permanecem no ambiente por décadas ou até centenas de anos. Nos oceanos e rios, eles degradam o ambiente e podem matar animais marinhos. Micro-plásticos têm sido encontrados em animais, entre eles o próprio ser humano. Nesse sentido, algumas descobertas[2] recentes de microrganismos que se alimentam de plásticos não biodegradáveis têm sido feitas.

Pesquisadores aprenderam a manipular os microrganismos de forma a produzirem substâncias que beneficiem o ser humano e o ambiente. Destacamos, entre essas pesquisas, a produção de vacinas desenvolvidas por meio de técnicas de manipulação genética usando vírus atenuados ou inativados na produção de anticorpos em nosso organismo.

Outra pesquisa relevante, levou à produção de um hormônio de crescimento pela manipulação genética da bactéria *Escherichia coli*. Esse procedimento não só tornou o hormônio, utilizado com sucesso pelos seres humanos com sucesso, mais acessível como mais seguro. Anteriormente o hormônio de crescimento utilizado era extraído de cadáveres. Na área ambiental, o Brasil é referência em pesquisas[3] que utilizam bactérias para fixar o nitrogênio no solo. Essas bactérias transformam o nitrogênio da atmosfera em sais de amônio que são absorvidos pelas plantas. O nitrogênio é um elemento fundamental à vida.

---

[2]Brasileiros encontram bactéria que transformam lixo plástico em bioplástico. José Tadeu Arantes, **Agência FAPESP** de 01/02/2025.

[3]Programa Roda Viva da TV Cultura de 20/07/2026 entrevista a pesquisadora da EMBRAPA Mariangela Hungria da Cunha.

Esses fertilizantes biológicos contribuem para diminuir a importação de fertilizantes químicos. Por outro lado, a síntese destes fertilizantes é altamente poluente e desta maneira os fertilizantes biológicos contribuem para a melhoria do meio ambiente.

O ser humano poluiu o ambiente, sobretudo pelo uso excessivo e irresponsável de substâncias fósseis obtidas do petróleo. Agora, mais do que nunca, é necessário evitar o aumento da poluição. Para isso, o conhecimento químico é fundamental.

São Paulo, fevereiro 2025

nifroque@gmail.com

Química Para Todos © 2026 por Nídia Franca Froque é licenciado sob Creative Commons Atribuição - Não Comercial 4.0 Internacional (BY-NC-SA 4.0). Para ver uma cópia dessa linela, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/.

Diagramação escrita em LaTeX. Template adaptado a partir de *The Legrand Orange Book* de Mathias Legrand, licenciado sob C.C. BY-NC-SA 4.0

*Agosto de 2026*

ISBN: 978-65-02-28401-8